



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS
AGUAS RESIDUALES GENERADAS POR LA INDUSTRIA DE
PRODUCTOS LÁCTEOS “EL TORIL”, UBICADO EN EL
CANTÓN MOCHA-PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: HOLGUER PAÚL MELO VILLALVA

TUTOR: DR. SEGUNDO TRUJILLO ABARCA

Riobamba – Ecuador

2018

@2018, Holguer Paúl Melo Villalva

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

Yo, Holguer Paúl Melo Villalva, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 29 de julio del 2018



Holguer Paúl Melo Villalva

180462774-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal de Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación Tipo: Proyecto Técnico, "DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS POR LA INDUSTRIA DE PRODUCTOS LÁCTEOS "EL TORIL", UBICADO EN EL CANTÓN MOCHA-PROVINCIA DE TUNGURAHUA" ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Mabel Parada R.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



29/07/2018

Dr. Segundo Trujillo A.

**DIRECTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN**



29/07/2018

Dr. Gerardo León Ch.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL



29/07/2018

DEDICATORIA

El amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban por mi futuro a mi madre Cecilia Villalva, gracias por ser mi escudo y mi espada, la que ríe y festeja en mis victorias y la que seca mis lágrimas en mis derrotas, a mi padre Olger Melo, por apoyarme siempre, por tus consejos y cariños, gracias a ustedes, por siempre confiar en mí y enseñarme que todo lo que me proponga y lo haga con amor y esfuerzo es posible.

Karina, Kelly, Nahomy Melo Villalva, mis hermanas mi inspiración las que alegran mis días con su amor y apoyo incondicional.

Victor, Raúl, Delia, Eliza, mis abuelitos amados gracias por sus consejos y cariños, por estar siempre pendiente de mí, gracias por sus enseñanzas de que con esfuerzo y constancia todo se puede lograr.

Mis tíos y primos por siempre apoyarme cuando los necesité en este camino como es mi preparación profesional.

Fernando, Alex, Hernán David, Darwin, por esas bonitas casualidades de la vida fuimos compañeros en este camino que fue nuestra preparación universitaria, sin saber que más que compañeros y amigos creamos un lindo lazo de hermandad, con su apoyo este difícil camino se hizo mucho más fácil, por las experiencias y aventuras vividas en esta linda parte de nuestras vidas. Empezamos juntos terminamos juntos.

Erika Gómez, si se logró querida amiga.

Freddy Luis Copo, allá en el cielo mi gran amigo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por prestarme la vida por ser mi guía en mi camino estudiantil, ya que gracias a él es posible cada paso que doy, que le da aplomo y seguridad a mi crecimiento profesional, personal y espiritual

Un muy profundo agradecimiento, a mis tutores los doctores Segundo Trujillo A. y Gerardo León Ch. y a la ingeniera Mabel Parada R. gracias por su paciencia, dedicación, motivación, criterio y aliento. Con su apoyo y experiencia este trabajo se pudo llevar a cabo. Ha sido un privilegio contar con su guía y ayuda.

Gracias a todas las personas que conforman esta noble institución como es la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a mis maestros por su atención y amabilidad, en todo lo referente a mi vida como estudiante de ingeniería.

Gracias al Tecnólogo Juan Carlos Ortiz propietario de la industria de productos lácteos “El Toril” por permitirme realizar este estudio en las instalaciones y procesos de la misma, por la amabilidad brindada y las atenciones prestadas mientras se llevaba a cabo este trabajo, por la disposición de equipos y tiempo empleados para que este trabajo se volviera una realidad.

Gracias, hermana Karina Melo, por todo el apoyo que me brindaste en este trabajo, por tu tiempo y disposición sin tu ayuda este trabajo no se hubiese podido concluir, gracias por tu capacidad de esfuerzo y simpatía.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Justificación del proyecto.	1
1.3 OBJETIVOS	2
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	2

CAPÍTULO II

2. Línea de base del Proyecto	4
2.1 Reconocimiento del lugar de investigación	4
2.2 Aguas residuales lácteas	4
2.2.1 <i>Fuentes de generación de agua residual en la industria láctea</i>	4
2.2.2. <i>Caracterización de aguas residuales de industrias lácteas</i>	5
2.2.3 <i>Indicadores de contaminación orgánica</i>	6
2.2.4 <i>Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce</i>	7
2.3 Beneficiarios directos e indirectos	8
2.3.1 <i>Directos</i>	8
2.3.2 <i>Indirectos</i>	9

CAPÍTULO III.....

3. ESTUDIO TÉCNICO	10
3.1 Localización del proyecto	10
3.1.1 <i>Localización Geográfica</i>	10
3.1.2 <i>Productos lácteos de “El Toril”</i>	11
3.2 Ingeniería del proyecto	11
3.2.1 Tipo de proyecto.....	11
3.2.1.1 <i>Métodos</i>	12

3.2.1.2	<i>Técnicas</i>	12
3.2.2	<i>Determinación del caudal</i>	13
3.2.2.1	<i>Balance de masa en la producción de leche descremada</i>	14
3.2.2.2	<i>Balance de masa en la producción de queso</i>	15
3.2.3	<i>Método de Muestreo</i>	17
3.2.4	<i>Caracterización físico-química</i>	17
3.2.5	<i>Índice de Biodegradabilidad</i>	18
3.2.6	<i>Dimensionamiento de un Sistema de Tratamiento de aguas residuales</i>	21
3.2.6.1	<i>Caudal de diseño</i>	21
3.2.6.2	<i>Sistema de rejillas</i>	21
3.2.6.3	<i>Trampa de grasa y aceite</i>	27
3.2.6.4	<i>Tanque séptico</i>	31
3.2.6.5	<i>Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)</i>	38
3.2.6.6	<i>Eras de secado</i>	41
3.2.7	<i>Resultados</i>	45
3.2.7.1	<i>Resultados de dimensionamiento</i>	45
3.2.7.2	<i>Porcentaje de remoción de contaminantes mediante el sistema de tratamiento del agua residual planteado</i>	50
3.2.7.3	<i>Resultados de caracterización del agua residual tratada</i>	53
3.2.7.4	<i>Comparación de parámetros del agua residual inicial y agua residual tratada</i>	54
3.2.7.5	<i>Porcentaje de remoción real del proceso de depuración del efluente contaminado</i>	54
3.3	<i>Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria</i>	55
3.3.1	<i>Requerimiento de materiales y equipos para el muestreo y medición de caudal de aguas residuales</i>	55
3.3.2	<i>Requerimiento de equipos y métodos para caracterización físico- químico del agua residual</i>	55
3.4	<i>Análisis de costo/beneficio del proyecto</i>	57
3.5	<i>Análisis y conclusiones</i>	58
	CONCLUSIONES	62
	RECOMENDACIONES	62
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Las principales características físico-químicas del agua residual láctea.....	5
Tabla 2-2: Relación entre parámetros DBO ₅ y DQO.....	7
Tabla 3-2: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	7
Tabla 1-3: Ubicación geográfica de la industria láctea “El Toril”.....	10
Tabla 2-3: Técnicas utilizados en Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH).....	13
Tabla 3-3: Resultados de la medición del caudal del agua residual.....	14
Tabla 4-3: Toma y recolección de muestras.....	17
Tabla 5-3: Caracterización físico-químico, valor promedio de las muestras compuestas.....	17
Tabla 6-3: Parámetros de DBO ₅ y DQO para evaluar el índice de biodegradabilidad.....	19
Tabla 7-3: Índice de biodegradabilidad.....	19
Tabla 8-3: Caudal de diseño.....	21
Tabla 9-3: Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica.....	22
Tabla 10-3: Coeficiente de pérdida para rejillas.....	26
Tabla 11-3: Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas.....	28
Tabla 12-3: Criterios de diseño para tanque séptico.....	31
Tabla 13-3: Criterios de diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente.....	38
Tabla 14-3: Criterios de diseño para eras de secado.....	41
Tabla 15-3: Determinación caudal punta.....	46
Tabla 16-3: Dimensionamiento del sistema de rejillas.....	46
Tabla 17-3: Dimensionamiento de trampa de aceite y grasa.....	47
Tabla 18-3: Dimensionamiento de un tanque séptico.....	47
Tabla 19-3: Dimensionamiento filtro anaerobio de flujo ascendente.....	48
Tabla 20-3: Dimensionamiento de la era de secado.....	49
Tabla 21-3: Resultado del agua residual tratada.....	53
Tabla 22-3: Comparación de parámetros del agua residual inicial y agua residual tratada....	54
Tabla 23-3: Remoción de carga contaminante.....	54
Tabla 24-3: Materiales de muestreo y recolección de información.....	55
Tabla 25-3: Materiales y equipos para medición del caudal.....	55
Tabla 26-3: Materiales, equipos y reactivos para los análisis físicos del Agua residual.....	56
Tabla 27-3: Materiales, equipos y reactivos para los análisis químicos del agua residual...	56
Tabla 28-3: Determinación de los costos del sistema de tratamiento de aguas residuales.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-3: Ubicación geográfica del Cantón Mocha.....	10
Figura 2-3: Presentaciones de queso “El Toril”	11
Figura 3-3: Queso fresco.....	11
Figura 4-3: Balance de masa producción de leche descremada.....	15
Figura 5-3: Balance de masa.....	16
Figura 6-3: Sistema de Tratamiento de aguas residuales	20
Figura 7-3: Diferentes formas de rejillas	26

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Elaboración de quesos y leche descremada

Anexo B: Lavado de equipos en la empresa láctea “El Toril”

Anexo C: Métodos y Técnicas utilizados para el análisis físico del agua

Anexo D: Métodos y Técnicas utilizados para el análisis químico del agua

Anexo E: Caracterización inicial del agua tratada de la Industria Láctea “El Toril”

Anexo F: Caracterización final del agua tratada de la Industria Láctea “El Toril”

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

h	Altura máxima
h_s	Altura de seguridad
B	Ancho del canal
α	Ángulo de inclinación
A	Área
A_L	Área libre
C_s	Carga superficial
Q_D	Caudal de diseño
cm	Centímetros
n	Coeficiente de rugosidad de Manning
DBO_5	Demanda biológica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
e	Espesor
e_p	Espesor de las placas
FAFA	Filtro anaerobio de flujo ascendente
g	Gravedad
L	Longitud
L'	Longitud de transición
L_r	Longitud relativa
M_s	Masa de sólidos
N_b	Número de barras
N_f	Número de filtros
Np	Número de placas
Re	Número de Reynolds
S	Pendiente canal rectangular
PE	Población equivalente
P_s	Profundidad de seguridad
P_t	Profundidad total
P_u	Profundidad útil
RH	Radio hidráulico
SS	Sólidos suspendidos
t_r	Tiempo de retención hidráulica
TULSMA	Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente

v	Velocidad
V	Volumen
V_f	Volumen del filtro
ν	Viscosidad cinemática
V_u	Volumen útil

RESUMEN

Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Empresa Láctea “El Toril”, ubicada en el Cantón Mocha perteneciente a la Provincia de Tungurahua para su debido cumplimiento con la normativa ambiental y alcanzar el objetivo de obtener parámetros dentro de los límites de descarga del Registro Oficial de la Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, Libro VI Anexo 1, Tabla 9 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”. El efluente no es constante tanto en caudal y composición según el producto que la empresa láctea tienda a elaborar, llevándose a cabo los análisis de caracterización físico-química en muestras compuestas por día formadas por muestras simples tomadas los días lunes, martes, miércoles, jueves, viernes y sábado, permitió distinguir los parámetros fuera del límite permisible según la Norma de Calidad Ambiental. Acorde al caudal de diseño identificadas y por medio de una simulación a nivel de laboratorio se dimensionó los equipos de depuración del efluente, siendo estos: Sistema de rejillas, Trampa de aceite y grasa, Tanque séptico, Filtro anaerobio de flujo ascendente y una era de secado. Se validó el diseño planteado mediante los resultados de caracterización final del agua residual teniendo porcentajes de remoción promedio de los parámetros analizados: Turbiedad 95.20%, Aceites y grasas 91,24%, Sólidos suspendidos 59.66%, Nitrógeno total 36.65%, Demanda Bioquímica de Oxígeno 61,40% y Demanda Química de Oxígeno 69,29%. Se recomienda implementar el sistema de tratamiento de aguas residuales planteada para la Empresa para evitar así la contaminación del Ambiente en el área de influencia.

Palabras claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA QUÍMICA>, <SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES>, <AGUA RESIDUAL LÁCTEA> <MOCHA (CANTÓN)> <TUNGURAHUA (PROVINCIA)>



ABSTRACT

A wastewater treatment system was designed for the "El Toril" Dairy Company, located in Mocha Canton, Tungurahua Province to due compliance with environmental regulations and achieve the objective of obtaining parameters within the discharge limits of the Official Registry of the Environmental Quality Regulations Water Resource of TULSMA, Book VI Annex 1, Table 9 "Limits of discharge to a body of freshwater". The effluent is not constant, both inflow and composition, according to the product that the dairy company tends to elaborate. It has been carrying out the analyzes of physical-chemical characterization in samples composed per day formed by simple samples taken on Monday, Tuesday, Wednesday, Thursday, Friday, and Saturday, allowed to distinguish the parameters outside the permissible limit according to the Environmental Quality Standard. According to the identified design flow and through a simulation at the laboratory level, the effluent purification equipment was sized, these being: Grid system, Oil and grease trap, Septic tank, Anaerobic upward-flow filter, and an area of dried. The design proposed was validated through the final characterization results of the residual water having average removal percentages of the analyzed parameters: Turbidity 95.20%, Oils and fats 91.24%, Suspended solids 59.66%, Total nitrogen 36.65%, Biochemical Oxygen Demand 61.40% and Chemical Oxygen Demand 59.29%. It is recommended to implement the wastewater treatment system proposed for the Company to avoid Environment contamination in the area of influence.

Keywords: <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <WASTEWATER TREATMENT SYSTEM>, <DAIRY RESIDUAL WATER>, <MOCHA (CANTON)>, <TUNGURAHUA (PROVINCE)>



CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

la industria láctea “El Toril” que se encuentra ubicada en el Cantón Mocha, perteneciente a la Provincia de Tungurahua, la cual trabaja con todos los permisos correspondientes para su funcionamiento, además, cuenta con registro sanitario de sus productos a comercializar, resultando evidente la acogida que tiene los mismos en el mercado provincial y nacional.

La industria láctea recibe leche cruda proveniente del sector ganadero aledaño a la misma, la cual produce queso que es su producto estrella, cuenta con un sello de calidad por su procesamiento, pero también produce leche descremada la cual es enviada a empresas más grandes como materia prima, por lo que siempre debe mantener las mejores condiciones higiénicas y sanitarias, siendo un factor importante para el cumplimiento de este fin el consumo el agua potable en sus diferentes etapas de procesamiento.

El reto que enfrenta la industria láctea es que al hacer uso de agua potable al momento de limpiar los equipos (marmitas), materiales (moldes, bandejas de descarga y moldeo de queso, contenedores de salinización, entre otros) e incluso para limpieza de pisos, está generando aguas las cuales son descargadas sin previo tratamiento a una quebraba cercana a las instalaciones de la industria y que posteriormente aguas abajo desemboca en la aguas del Río Mocha, dejando en su camino residuos de material orgánico que al pasar del tiempo se degrada provocando malos olores especialmente en días soleados, produciendo la aparición de vectores como moscas y roedores, provocando degradación y contaminación, constituyéndose en un problema ambiental tanto para la población en el área de influencia y a la producción agrícola aledaña a este flujo.

1.2 Justificación del proyecto.

El agua residual procedente de la actividad industrial láctea es uno de los grandes problemas que presenta al ambiente, debido a una mala práctica en su disposición final se está provocando un impacto ambiental.

La planta productora de lácteos “El Toril” al no poseer un sistema de tratamiento de aguas residuales provoca una afectación al ambiente al descargar estas aguas residuales sin previo tratamiento, incumpliendo así a la normativa ambiental. Actualmente la Junta Administrativa de la empresa busca dar soluciones factibles y viables al problema de la descarga inadecuada de aguas residuales, por ende, en un compromiso de vinculación la ESPOCH, con su carrera de Ingeniería Química, a través de un Trabajo de Titulación, se dé solución a este problema de contaminación del ambiente, necesidad solicitada por la industria de productos lácteos “El Toril” y de esta manera la ESPOCH establece el vínculo de apoyo institucional.

Entonces, la junta administrativa de la empresa “El Toril” como política de gestión surge la necesidad de realizar un **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS POR LA INDUSTRIA DE PRODUCTOS LÁCTEOS “EL TORIL”, UBICADO EN EL CANTÓN MOCHA-PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, buscando así lograr el cumplimiento de las exigencias establecidas por los organismos de regulación, adaptando los parámetros exigidos por la Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del, Libro VI Anexo 1, Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- Diseñar un sistema de tratamiento para aguas residuales generadas por la industria de productos lácteos “El Toril”, ubicada en el Cantón Mocha-Provincia de Tungurahua.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características físico-química de las aguas residuales generada por la Industria Láctea “El Toril”.
- Determinar los parámetros fuera de los límites permisibles basadas en el Registro Oficial de la Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, Libro VI Anexo 1, Tabla 9 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”.
- Identificar las variables de proceso para el diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales basado en la caracterización del agua.

- Realizar los cálculos de ingeniería para el dimensionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- Presentar y validar la propuesta del sistema de tratamiento, basados en los límites de descarga del Registro Oficial de la Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, Libro VI Anexo 1, Tabla 9 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”.

CAPÍTULO II

2. Línea de base del Proyecto

2.1 Reconocimiento del lugar de investigación

La industria de productos lácteos “El Toril”, una industria asentada en el barrio San Carlos del Cantón Mocha de la Provincia del Tungurahua, una industria basada en la producción de quesos de diferentes variedades y leche descremada a partir de leche cruda como materia prima.

Se realizó un reconocimiento visual de la zona de influencia afectada por las descargas de aguas residuales, además se analizó y determinó el punto exacto donde se implementaría la planta de tratamiento.

2.2 Aguas residuales lácteas

La industria láctea en sus diferentes facetas en la producción de leche pasteurizada y otros productos como queso, yogurt, manjares, mantequillas, entre otros, suele ser generador de aguas sin depuración con una gran carga de materia orgánica. Como un dato general se tiene que por cada litro de leche a producir se obtiene de uno a dos litros de agua residual, sean estas generadas por derrames de la materia prima, por fugas, o como en toda industria de alimentos se debe utilizar grandes cantidades de agua para la limpieza de los diferentes equipos por un deficiente diseño del proceso como principales justificativos para ello. Las aguas procedentes de industrias lácteas están mayormente constituidas por diferentes diluciones, ya sea, de leche tratada, así como de suero, estas aguas son generalmente neutras y poco alcalinas, pero llegando a ser ácidas por la fermentación de azúcares de la leche.

2.2.1 Fuentes de generación de agua residual en la industria láctea

- **Recepción de la leche.** Por la limpieza de las cisternas o tanques de almacenamiento al momento de recepción de la leche, generando residuos con un gran contenido de grasa.

- **Tratamientos térmicos.** Donde suelen producirse depósitos de proteínas, ya que quedan adheridos en las paredes de los reactores y que posteriormente serán arrastrados cuando se realice la limpieza.
- **Producción de queso.** El proceso con mayor generación de contaminantes, debido a su gran cantidad de material orgánico, e incluso en el proceso de salado también se genera la emisión de efluentes líquidos.
- **Flujo de los productos lácteos líquidos.** La limpieza que se realiza a la tubería después de hacer el tratamiento para la producción del producto final generando una pequeña mezcla de agua-producto.
- **Limpieza del espacio de la industria y equipos.** Limpieza con sosa diluida para la eliminación de grasa mediante saponificación.

2.2.2 Caracterización de aguas residuales de industrias lácteas

Las aguas residuales son únicas en sus características, los parámetros de contaminación deben evaluarse en el laboratorio para cada tipo de agua residual, tal como se ilustra en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2: Las principales características físico-químicas del agua residual láctea

Características organolépticas	
Color	El color del agua puede ser causado por los materiales disueltos y suspendidos dando el color aparente. Mientras que el color real se obtiene removiendo la turbiedad.
Olor-sabor	Descomposición de compuestos orgánicos e inorgánicos contenida en el agua residual.
Características físicas	
Sólidos totales	Se dividen en sólidos disueltos y sólidos suspendidos, se expresa en mg/L.
Sólidos disueltos	Se encuentran en el agua en forma de sales, se expresa en mg/L.
Sólidos suspendidos	Aquellos que flotan en el agua. La mayoría son orgánicos. Siendo los de mayor prioridad para el diseño de una planta de tratamiento.
Sólidos sedimentables	Es el material que se sedimenta en el fondo de un recipiente en el transcurso de un tiempo determinado.
Turbiedad	Es la presencia de impurezas que se encuentran suspendidas en el agua que dificultan el paso de la luz. Se expresa en NTU.
Temperatura	Su influencia se presenta en las operaciones de naturaleza biológica, pues la velocidad de descomposición de las aguas residuales se incrementa con el aumento de temperatura. Se expresa en °C.

continúa

Conductividad	Es la capacidad del agua para conducir electricidad, debido a la presencia de sales disueltas de Ca, Mg, Na, entre las más importantes.
Características químicas	
Potencial de hidrógeno	Da la referencia de las condiciones ácidas o básicas en el agua, provocando la toxicidad sobre la vida acuática en algunos casos.
Acidez	Se considera ácida al agua cuando tiene un valor < 7 .
Componentes orgánicos	Siendo las principales generadoras del mal olor y sabor en las aguas cuando llegan a degradarse La concentración de materia orgánica se mide con los análisis de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), y carbono orgánico total (COT). Se expresan el DQO en mg/L, y el DBO_5 en mgO_2/L
Componentes orgánicos	
Carbohidratos	Son sustancias biodegradables que se encuentran en forma de azúcares, almidones, celulosas, fibras, entre otras, se expresa en mg/L
Aceites y grasas	En aguas residuales los aceites, las grasas son los principales lípidos de importancia, estos compuestos sirven como alimentos para las bacterias, puesto que pueden ser hidrolizados en los ácidos grasos y alcoholes correspondientes. Su cuantificación es necesaria para determinar la necesidad del pretratamiento, la eficiencia de los procesos de remoción y el grado de solución por este compuesto. En general, su concentración para descargar en un cuerpo de agua dulce es de 100 mg/L.”
Componentes inorgánicos	
Nitrógeno	Produce el incremento de la eutrofización y se encuentra en forma de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitratos y nitrito, se expresa en mg/L
Fosfatos	Es partícipe de la proliferación de algas, al igual que el nitrógeno se expresa en mg/L

Fuente: Cisterna & Peña, 2015

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

2.2.3 Indicadores de contaminación orgánica

Dada la presencia de sólidos en las aguas residuales procedentes del proceso de producción se registra un contenido orgánico y una demanda biológica (DBO_5) y química (DQO) de oxígeno considerables.

a) Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5): Conceptualmente es la cantidad de oxígeno disponible que se necesita para la descomposición biológica aerobia de desechos orgánicos presente en el agua residual, provocando el consumo de este cuando el desecho se haya consumido completamente.

b) Demanda química de oxígeno (DQO): Usada para evaluar la cantidad de material orgánico existente en las aguas sin depuración, al contacto de este material orgánico con una solución el dicromato en medio ácido se vuelve susceptible de ser oxidado químicamente.

Tabla 2-2: Relación entre parámetros DBO₅ y DQO

$\frac{DQO}{DBO_5}$	TIPO DE BIODEGRADABILIDAD	TIPO DE TRATAMIENTO
<1.5	Muy biodegradable	Materia orgánica muy degradable y requiere de un tratamiento biológico.
1.5<x<10	Biodegradable	Materia orgánica moderadamente biodegradable, un valor que permite cuestionar la selección de un tratamiento biológico.
>10	Poco biodegradable	Materia orgánica poco degradable, es un hecho que será viable un tratamiento físico-químico.

Fuente: Cisterna & Peña, 2015

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

2.2.4 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

El Ministerio del Ambiente mediante Registro Oficial de la Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, Libro VI Anexo 1, Tabla 9 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce” prohíbe toda descarga de agua residual a efluentes de agua dulce tales como ríos, lagos, conductores de agua a embalses, canales de riego o de drenaje pluvial, como se detalla en la tabla 3.2

Tabla 3-2: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisibles
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/L	30.0
Alkil mercurio		mg/L	No detectable
Aluminio	Al	mg/L	5.0
Arsénico total	As	mg/L	0.1
Bario	Ba	mg/L	2.0
Boro total	B	mg/L	2.0
Cadmio	Cd	mg/L	0.02
Cianuro total	CN	mg/L	0.1
Cinc	Zn	mg/L	5.0
Cloro activo	Cl	mg/L	0.5
Cloroformo	Carbón cloroformo ECC	mg/L	0.1
Cloruros	Cl	mg/L	1000
Cobre	Cu	mg/L	1.0
Cobalto	Co	mg/L	0.5
Coliformes fecales	NMP	NMP/100 mL	2000
Color real	Color real	Unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/L	0.2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/L	0.5

continua

Demanda bioquímica de oxígeno	DBO ₅	mg/L	100
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/L	200
Estaño	Sn	mg/L	5.0
Fluoruros	F	mg/L	5.0
Fósforo total	P	mg/L	10.0
Hierro total	Fe	mg/L	10.0
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/L	20.0
Manganeso total	Mn	mg/L	2.0
Materia flotante	Visibles	-	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/L	0.005
Níquel	Ni	mg/L	2.0
Nitrógeno total	N	mg/L	30.0
Nitrógeno total kjedahl	N	mg/L	50.0
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/L	0.05
Compuestos organofosforados	Organofosforados totales	mg/L	0.1
Plata	Ag	mg/L	0.1
Plomo	Pb	mg/L	0.2
Potencial de hidrógeno	pH	pH	6-9
Selenio	Se	mg/L	0.1
Sólidos suspendidos totales	SST	mg/L	130
Sólidos totales	ST	mg/L	1600
Sulfatos	SO ₄	mg/L	1000
Sulfuros	S	mg/L	0.5
Temperatura	°C	°C	Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/L	0.5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/L	1.0

¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

Fuente: TULSMA, Libro VI Anexo 1, Tabla 9 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”.

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

2.3 Beneficiarios directos e indirectos

Con la implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales para la empresa láctea “El Toril”, sus beneficiarios serán:

2.3.1 Directos

- La Industria de Lácteos “El Toril” por ser la institución a la cual va dirigida la investigación técnica del sistema de tratamiento de aguas residuales.

2.3.2 *Indirectos*

- Los habitantes en el área de influencia, ya que mejorará su calidad de vida por la eliminación de la contaminación del ambiente, así como, aguas abajo del punto de descarga, en el Río Mocha porque esta agua tratada puede ser utilizada en la agricultura y ganadería.

CAPÍTULO III

3. ESTUDIO TÉCNICO

3.1 Localización del proyecto

3.1.1 Localización Geográfica

El presente trabajo de investigación técnico se efectuó en la empresa láctea “El Toril”, ubicada en la Provincia de Tungurahua, Cantón Mocha, en el Barrio San Carlos. En la tabla 1-3 se referencia al Barrio San Carlos, específicamente en punto muy cercano de la descarga directa a la quebrada, el terreno es semiplano, arcilloso en un área aproximada de 250 m².

Tabla 1-3: Ubicación geográfica de la industria láctea “El Toril”.

Limites Caserío San Carlos	Al norte, Caserío Yanahurco y Cantón Tisaleo. Al sur, Caserío El Rosal y Parroquia Pinguili. Al este, Caserío El Porvenir. Al oeste, Cantón Tisaleo.
Rango altitudinal	Oscila desde 4.500 m.s.n.m a 2.400 m.s.n.m
Longitud	1°23'02,4" SUR
Latitud	78°38'37,1" OESTE
Clima	Templado
Temperatura	14 °C

Fuente: Plan de Desarrollo Territorial del Cantón Mocha, 2012.

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.



Figura 1-3: Ubicación geográfica del Cantón Mocha

Fuente: Plan de Desarrollo Territorial del Cantón Mocha

3.1.2 Productos lácteos de “El Toril”

Como derivados de la leche la empresa láctea “El Toril” en su línea de producción genera quesos de diferentes presentaciones como se puede ver en la figura 2-3 y 3-3 que se presentan a continuación:



Figura 2-3: Presentaciones de queso “El Toril”

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.



Figura 3-3: Queso fresco

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

A más de las presentaciones de queso que son empaquetadas y distribuidas por parte de la empresa láctea el “El Toril”, existe una línea de procesamiento de leche descremada que es distribuida en forma directa a los camiones cisterna de leche los cuales llevan el producto a empresas lácteas más grandes para su posterior uso en sus líneas de producción.

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1 Tipo de proyecto

Este proyecto se basa en un estudio de carácter técnico mantiene una estructura investigativa y metodológica, y mediante estas podemos diagnosticar la situación actual del problema (aguas residuales de la industria sin tratamiento), y poder encontrar la solución más factible al mismo planteando múltiples procesos con los cuales se busca disminuir la carga orgánica y de

contaminantes en estas aguas residuales, y por ende, poder diseñar un sistema de tratamiento en este caso de aguas residuales de una industria láctea.

3.2.1.1 Métodos

a) Método inductivo

Puesto que, en base a los respectivos análisis ejecutados en el laboratorio, (tantos físicos-químicos), se conoce el porcentaje y valores de los contaminantes presentes en las aguas sin depuración generadas en la planta de lácteos “El Toril”, mediante el cual tendremos una idea clara del proceso a plantear.

b) Método deductivo

La contaminación generada por la mala disposición final de las aguas residuales es, necesario analizar individualmente cada contaminante de esta fuente, basándonos en los límites de las normas establecidas del TULSMA, de la Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua, del Libro VI Anexo 1, Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. Datos que posteriormente fueron tabulados y analizados para llegar al diseño y dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

c) Método experimental

Mediante la utilización de instrumentos, equipos se realizará diferentes pruebas a las aguas residuales, y con los datos obtenidos de estas pruebas se planteará el sistema más adecuado para darle tratamiento a estas aguas, validando así el diseño de la planta y dar cumplimiento con la normativa ambiental establecida.

3.2.1.2 Técnicas

Las técnicas usadas durante el tratamiento del agua residual están basadas en las normas y técnicas para caracterización físico-químico descritas en el ANEXO D, siendo fundamentadas en los Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21° EDICION y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21° EDICION.

Tabla 2-3: Técnicas utilizados en Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH)

Parámetros	Método/Norma
Potencial Hidrógeno pH	STANDARD METHODS 4500 - H B
Conductividad	PE-LSA-01
Turbidez	STANDARD METHODS 2130 – B
Sólidos Sedimentables	STANDARD METHODS 2540 – F
Sólidos Suspendedos	STANDARD METHODS 2540 – D
Aceites y grasas	EPA 418.1
Fósforo Total	STANDARD METHODS 4500 – P – E
DQO	STANDARD METHODS 5220 – D
DBO ₅	STANDARD METHODS 5210 – B
Nitrógeno Total	STANDARD METHODS 4500 – N – B
Cloruros	STANDARD METHODS 3500 – Cl E

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH)

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

3.2.2 Determinación del caudal

Para la determinación del caudal se utilizó el método volumétrico, debido a que la planta de lácteos “El Toril” no tiene un flujo constante de agua residual. El caudal es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Ecuación 1

Dónde:

Q = Caudal ($\frac{m^3}{s}$)

V = Volumen (m^3)

t = Tiempo (s)

El método se realizó mediante los siguientes pasos:

- Se llevó a cabo las aforaciones directamente en la descarga del agua residual de forma manual en el lugar de descarga directa, ya que en la misma consta las aguas residuales de los diferentes procesos.
- Los materiales usados para la aplicación del método volumétrico fueron un balde graduado de 10 litros y un cronómetro. Consistiendo en medir el tiempo transcurrido en recolectar la muestra de 10 litros.
- Las aforaciones se realizaron los días que labora la planta que es de lunes a sábado desde las 8:00 hasta las 17:00 en intervalos de 1 hora entre cada uno.

Los valores obtenidos del caudal mediante el método volumétrico se pueden observar en la tabla 3-3 siguiente.

Tabla 3-3: Resultados de la medición del caudal del agua residual de la empresa láctea “El Toril”

Aforo de caudal de agua residual	
Días	Volumen de agua residual (L/min)
Lunes	0.189
Martes	0.217
Miércoles	0.181
Jueves	0.209
Viernes	0.199
Sábado	0.229

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

Como se puede ver en la tabla anterior el día que registra mayor caudal es el sábado, siendo el día que más producción de leche y queso se realiza.

3.2.2.1 Balance de masa en la producción de leche descremada

Como se puede observar en el balance de masa en la esterilización se utiliza 1280 litros de agua, esto debido al consumo por media hora aproximadamente, este proceso se repite tres veces al día. El mayor consumo de agua se produce en la limpieza de equipos, materiales y pisos como se puede observar en la figura 4-3

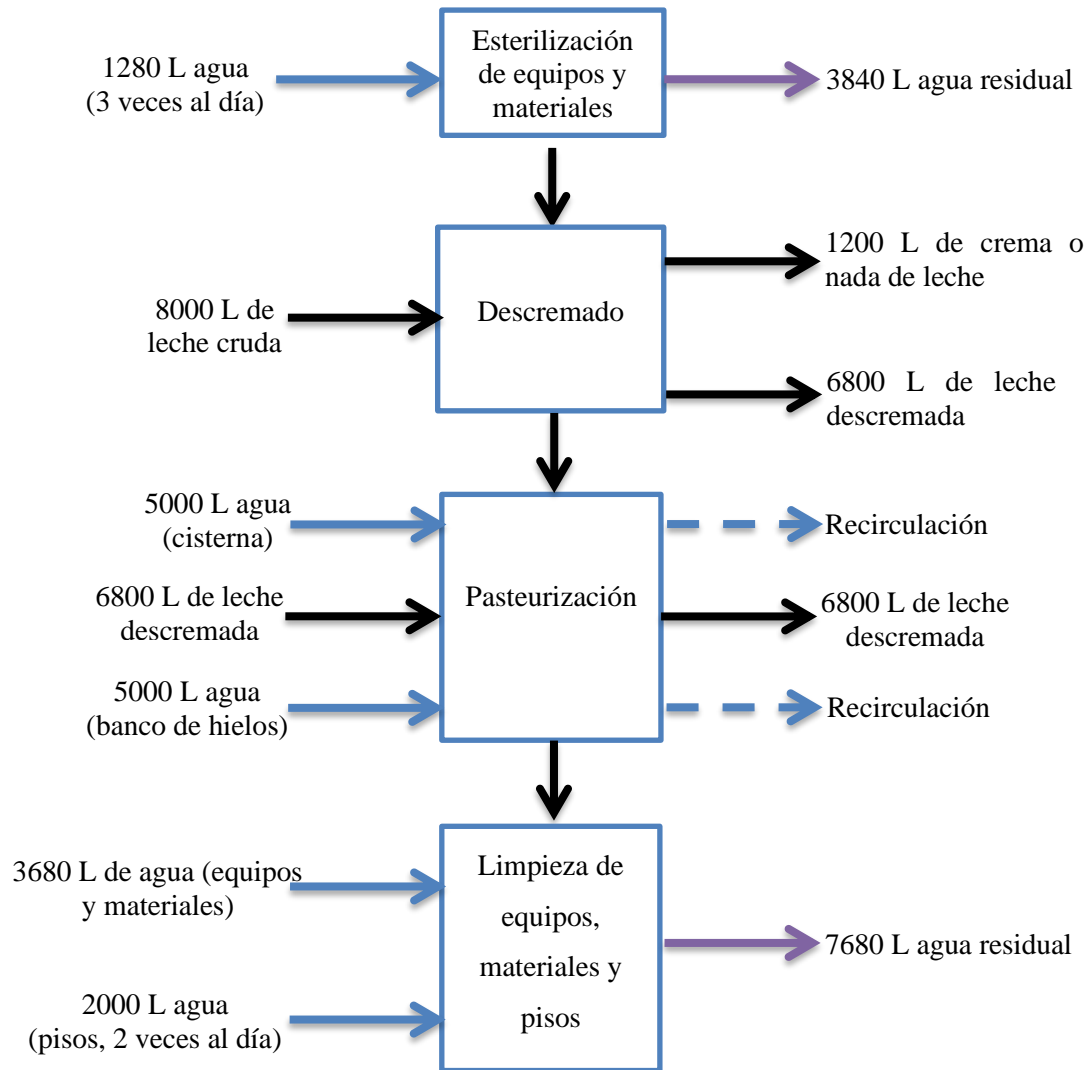


Figura 4-3: Balance de masa producción de leche descremada
Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

En el área de producción de leche descremada se obtiene que por cada litro de leche procesada se consume 1.44 litros de agua. Obteniendo una relación de 1/1.44

3.2.2.2 Balance de masa en la producción de queso

Mediante la facilidad otorgada por la empresa láctea, se pudo obtener los datos de volumen de leche receptada por día, destinada para la producción de queso, al igual de la cantidad de agua consumida el proceso de elaboración de quesos. Llegando a obtener un balance de masa de consumo agua potable y generación de agua residual 2.10 L H₂O por litro de leche procesada como se puede observar a continuación en la figura 5-3.

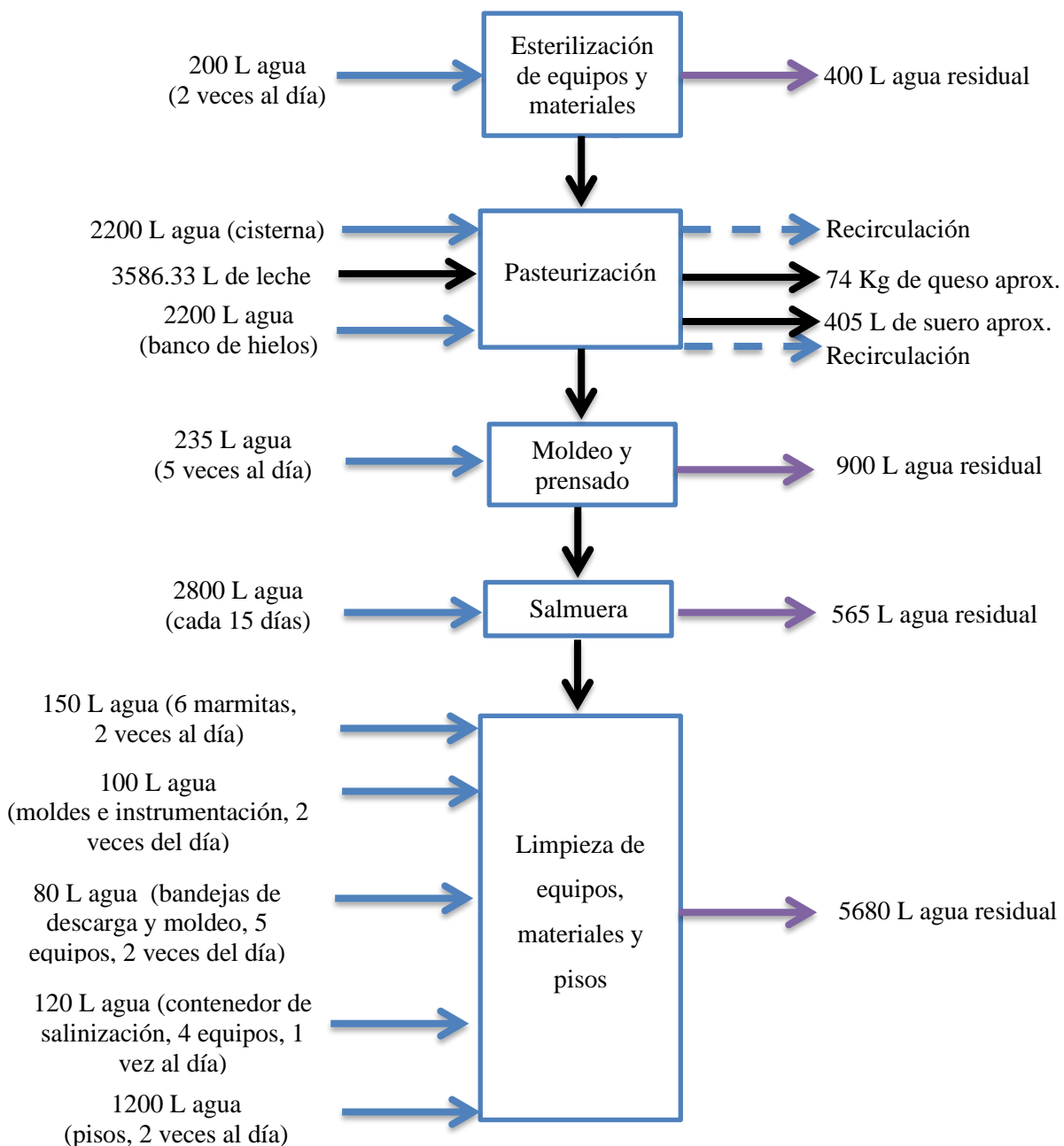


Figura 5-3: Balance de masa

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

El agua residual generada en la producción de queso se da por el uso de agua potable en la esterilización de equipos y materiales, antes de su uso y posterior limpieza de estos, además del agua consumida en el proceso de salado del queso, entre otras. Teniendo una relación de que cada litro de leche se produce 2.105 litros de agua residual.

Se busca recuperar al máximo el suero del proceso el cual es vendido a personas particulares, por lo cual no forma parte de las aguas residuales producidas en el procesamiento de queso.

3.2.3 Método de Muestreo

El muestreo se consideró teniendo en cuenta las horas de trabajo de la planta de lácteos, que es de ocho horas diarias, tomando alícuotas de 250 mL cada hora (en un total de 8 muestras simples) para tener una muestra compuesta de un volumen considerado de aproximadamente dos litros para su posterior análisis de caracterización en el laboratorio. El muestreo se llevó a cabo los días lunes, miércoles y viernes debido al aumento de producción de queso y leche descremada esos días, ya que existe mayor pedido de producto los días anteriormente mencionados ocasionando el mayor consumo de agua por leche receptada. Además de garantizar un muestreo de calidad se llevó a refrigeración los recipientes contenedores del agua residual, dado que al transportarlas puede afectar la caracterización, evitando con ello la degradación de la muestra., el cronograma de muestreo se puede observar en la tabla 4-3, siguiente:

Tabla 4-3: Toma y recolección de muestras

DÍAS	Hora	Lugar	Numero de Muestra compuestas
Lunes	8:00 a 11:00 y 14:00 a 17:00	Descarga directa a la quebrada	1
Miércoles	8:00 a 11:00 y 14:00 a 17:00	Descarga directa a la quebrada	1
Viernes	8:00 a 11:00 y 14:00 a 17:00	Descarga directa a la quebrada	1
Total de muestras			3

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

3.2.4 Caracterización físico-química

Mediante la generación de muestras compuestas y llevados a laboratorio, se realizó la caracterización inicial físico-químico del agua residual resultante de los procesos realizados en la planta de lácteos “El Toril”, obteniendo los siguientes datos que se pueden observar en la tabla 5-3.

Tabla 5-3: Caracterización físico-químico, como valor promedio de las muestras compuestas.

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADOS			VALORES PROMEDIO	NORMA TULSMA
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3		Lím.Máx.Per*
TURBIEDAD	NTU	86	82	59	75.67	.....

continua

pH	.....	4.27	4.40	5.10	4.59	.....
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	uS/cm	1251	1199	1216	1222	.....
ACEITES Y GRASAS	mg/L	374	374	148.60	298.87	30.0
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mg/L	6.0	1.2	0.4	2.53	1600
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	340	250	176	255.33	130
FÓSFORO TOTAL	mg/L	1.91	1.87	1.20	1.66	10.0
NITRÓGENO TOTAL	mg/L	82.40	74.21	53.80	70.14	50.0
CLORUROS	mg/L	323.30	371.52	18.43	237.75	1000
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	939	804	880	874.33	200
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅)	mg/L	417	368	392	392.33	100

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH)

* Límites permisibles establecidos en el TULSMA, Recurso Agua, del Libro VI, Anexo 1, Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce. (Ver anexo 2)

No se realizó un análisis microbiólogo debido a que el agua residual proveniente solamente de los diferentes procesos de producción en la industria láctea no se mezcla con las aguas grises provenientes de los baños usados por el personal tanto administrativo como de operación. Y por otro lado se obtuvo valores bajos en DBO₅, ya que la empresa ha optado por la comercialización del suero en su totalidad generado en la producción de queso, siendo las aguas residuales provocadas por la limpieza de equipos, materiales e infraestructura tales como: limpieza de marmitas, de moldes para quesos, de pisos, contenedores de salinización, entre otros.

3.2.5 *Índice de Biodegradabilidad*

La caracterización del agua residual promedio proveniente de la planta de lácteos descrita en la tabla 6-3 para las tres muestras compuestas, nos indica que los parámetros iniciales analizados tanto el DBO₅ y el DQO se encuentra fuera de la normativa.

Como partida para el dimensionamiento de la planta depuradora se obtendrá el índice de biodegradabilidad “I_{BIOD}” que nos pronostica la naturaleza del efluente y nos indica el tipo de

tratamiento físico-químico o biológico según el valor de la relación de DBO₅ y el DQO. Tal como se establece en la tabla 7-3.

$$I_{BIOD} = \frac{DQO}{DBO_5}$$

Ecuación 2

Tabla 6-3: Parámetros de DBO₅ y DQO para evaluar el índice de biodegradabilidad

MUESTRAS COMPUESTAS				
	Parámetro	Unidad	Resultado	Límites permisibles
Muestra 1	DBO ₅	mg O ₂ /L	417	100.0
	DQO	mg/L	939	200.0
Muestra 2	DBO ₅	mg O ₂ /L	368	100.0
	DQO	mg/L	804	200.0
Muestra 3	DBO ₅	mg O ₂ /L	392	100.0
	DQO	mg/L	880	200.0

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH)

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

*Límites permisibles establecidos en el TULSMA, Recurso Agua, del Libro VI, Anexo 1, Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Tabla 7-3: Índice de biodegradabilidad

Numero de muestra compuesta	<i>I_{BIOD}</i>
1	2.27
2	2.18
3	2.24
Promedio	2,23

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

A una temperatura aproximada de 20°C, se obtiene el índice de biodegradabilidad de cada muestra compuesta y posteriormente al realizar su promedio, nos da un valor de 2.23, lo que nos orienta a la toma de las decisiones sobre la manera de tratar el agua residual en el presente proyecto.

Además, indicándonos que los compuestos del efluente son de naturaleza moderadamente biodegradable, permitiendo seleccionar entre un tratamiento biológico o físico-químico, optándose por un tratamiento biológico.

3.2.5.1 Parámetros fuera del límite permisible en el análisis inicial del agua y propuesta a implementar

Los parámetros que se encuentran fuera de los límites permisibles establecidos en el TULSMA, Recurso Agua, del Libro VI, Anexo 1, Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, son los siguientes: aceites y grasas, sólidos suspendidos totales, nitrógeno total, DQO y DBO₅.

Debido a la actividad y el tipo de agua generada en la planta de lácteos se eligió el sistema de tratamiento que más este acorde para satisfacer la necesidad de depuración del agua residual a tratar.

La cual se diseñará con ecuaciones propuestas en lo criterios de diseño de diferentes autores para sistemas de tratabilidad de agua residual como: Norma RAS 2000, OPC/CEPIS 2003, Rodríguez Araya.

Dejando como esquema de la planta de tratamiento de aguas residuales la que se puede observar en la figura 6-3:

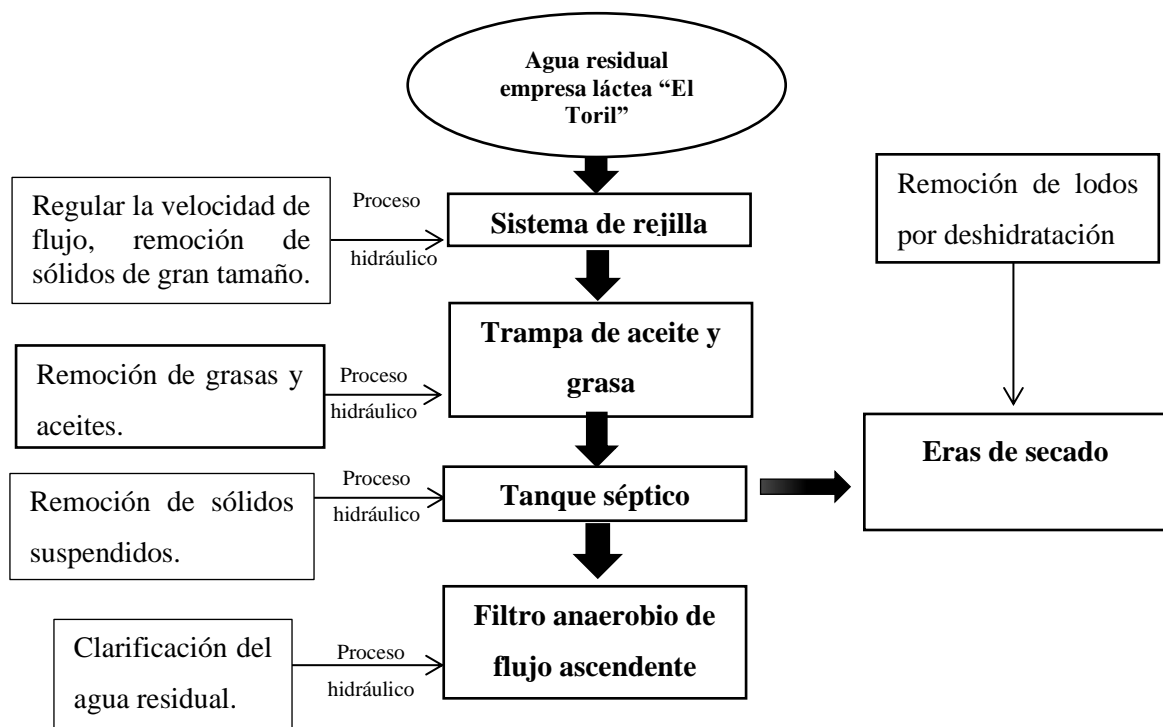


Figura 6-3: Sistema de Tratamiento de aguas residuales
Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

3.2.6 Dimensionamiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales

3.2.6.1 Caudal de diseño

Una vez obtenido las relaciones de generación de agua residual por litro de leche en cada proceso realizado en la industria láctea “El Toril,” mediante balances de masa y con datos de producción de leche receptada se obtiene el caudal de diseño como se puede observar en la Tabla 8-3.

Tabla 8-3: Caudal de diseño

Producto	Producción (L)	Dotación (L/día)	Caudal de diseño (L/día)
Leche descremada	8000	1.44	11520
Queso	3586.32	2.10	7545
		Total	19065

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

Con finalidad de proyectar el volumen generado de aguas residuales a futuro, se realizará la proyección con la capacidad máxima que empleará la empresa para la producción, dato facilitado por la empresa que es de 20300 L a los próximos 10 años.

$$Q = \frac{\frac{19065 \text{ L agua residual /día}}{\text{día}}}{\frac{11586.32 \text{ L leche receptada}}{\text{día}}} \times \frac{20300 \text{ de leche que se receptara a futuro}}{\text{día}}$$

Ecuación 3

$$Q = 33403.14 \frac{\text{L}}{\text{día}} \cong 33.40 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Obteniendo el caudal de diseño para el sistema de tratamiento de agua residual por día.

3.2.6.2 Sistema de rejillas

El cribado, es utilizado para retirar los sólidos suspendidos, ya sean estos de gran tamaño que comúnmente están presentes, ya que vienen acarreados por el agua residual, eliminando materias flotantes mayores a 5 mm. Ayudando con una mejor apariencia a la planta. Aumentando la eficiencia posterior al cribado de cada unidad que conforma la planta. Se puede reducir o eliminar un aproximado de 5% a 20% de sólidos en suspensión. (Guzmán, 2013)

Tabla 9-3: Condiciones de diseño de rejillas de limpieza manual y mecánica

Condiciones	Unidad	Limpieza manual	Limpieza mecánica
Tamaño de la barra:			
Anchura	mm	5-15	5-15
Profundidad	mm	25-37.5	25-37.5
Separación entre barras	mm	25-50	15-75
Pendiente en relación a la vertical	Grados	60-45	0-60
Velocidad de aproximación	m/s	0.30-0.60	0.6-1.1
Perdida de carga admisible	mm	150	150

Fuente: Metcalf & Eddy, 1995

Fuente: Norma RAS, 2000.

De acuerdo con la limpieza existen dos tipos:

- Rejillas de limpieza manual

Cuentan con ángulos de inclinación que oscilan entre 60-80° para formar las rejas, separadas entre unas con otras formando barras para retención de sólidos grandes, por lo que su limpieza es de fácil retiro de los sólidos.

Dimensionamiento del sistema de rejillas

En el proceso de dimensionamiento de las rejillas de limpieza manual es aconsejable utilizar los valores que se indican en la tabla 10-3, aplicando criterios de diseño de la Norma RAS 2000 y Metcalf & Eddy, 1995

- Área libre del paso de agua, A_L :

Aplicando la Norma RAS 2000. La velocidad de flujo (v) considerado para el dimensionamiento de rejillas de limpieza manual será el valor de $0.60 \frac{m}{s}$.

$$A_L = \frac{Q_D}{v}$$

Ecuación 4

Datos:

A_L : Área libre del paso de agua (m^2)

Q_D : Caudal de diseño ($\frac{m^3}{s}$); $3.87 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$

v : Velocidad de flujo ($\frac{m}{s}$) $0.60 (\frac{m}{s})$

$$A_L = \frac{3.87 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{0.60 \frac{m}{s}}$$

$$A_L = 0.00065 m^2$$

- **Altura del tirante en el canal, $h_{a'}$:**

Mediante el uso de la norma RAS 2000 que aconseja valores entre 5-15 mm para el ancho del canal, se asumió el valor de 0.3 m y despejando la altura del tirante en el canal.

$$h_{a'} = \frac{A_L}{B}$$

Ecuación 5

Datos:

$h_{a'}$: Altura del tirante en el canal (m)

A_L : Área libre del paso de agua (m^2); $0.00065 m^2$

B : Ancho del canal (m); $0.3 m$

$$h_{a'} = \frac{0.00065 m^2}{0.30 m}$$

$$h_{a'} = 0.0022 m$$

- **Altura del tirante de construcción, h_a :**

Para evitar que el fluido se desborde del canal se toma un valor de 0.3 como factor de seguridad (norma ecuatoriana de la construcción nec-nec-se-ds)

$$h_a = h_{a'} + h_s$$

Ecuación 6

Datos:

h_a : = Altura del tirante en el canal (m); 0.0022 m

h_s : Altura de seguridad (m); 0.3 m

$$h_a = 0.0022 \text{ m} + 0.3 \text{ m}$$

$$h_a = 0.3022 \text{ m}$$

- Longitud de las barras, L_b :

Considerando la Norma RAS 2000, se consideró el valor de 60° inclinación de las barras para el diseño del sistema de rejillas debido al caudal y para facilitar la extracción de basura y reducir la tendencia a obstrucciones, las rejillas de limpieza manual tienen inclinaciones de 45 a 60 grados con respecto a la horizontal

$$L_b = \frac{h_a}{\text{sen } \theta}$$

Ecuación 7

Datos:

L_b : Longitud de las barras (m)

h_a : Altura del tirante de construcción (m); 0.3022 m

θ : Ángulo de inclinación de las barras (grados); 60°

$$L_b = \frac{0.3022 \text{ m}}{\text{sen } 60^\circ}$$

$$L_b = 0.35 \text{ m}$$

- Nivel máximo de agua en la rejilla, $N_{m\acute{a}x}$:

$$N_{m\acute{a}x} = \frac{Q}{v * B}$$

Ecuación 8

Datos:

$N_{m\acute{a}x}$: Nivel máximo de agua en la rejilla (m)

B : Ancho del canal (m); 0.3 m

Q_D : Caudal de diseño ($\frac{m^3}{s}$); $3.87 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$

v : Velocidad de flujo ($\frac{m}{s}$); $0.60 \frac{m}{s}$

$$N_{max} = \frac{3.87 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{0.60 \frac{m}{s} * 0.3 m}$$

$$N_{max} = 0.00215 m$$

- Longitud sumergida de barras, L_{SR} :

$$L_{SR} = \frac{N_{max}}{\text{sen}\theta}$$

Ecuación 9

Datos:

L_{SR} : Nivel máximo de agua en la rejilla (m)

N_{max} : Nivel máximo de agua en la rejilla (m); $0.00215 m$

θ : Ángulo de inclinación de las barras (grados); 60°

$$L_{SR} = \frac{0.00215 m}{\text{sen } 60^\circ}$$

$$L_{SR} = 0.00215 m$$

- Número de barras, N_b :

Mediante consideración de los valores dados en criterios de diseño de la Norma RAS 2000 y Metcalf & Eddy 1995, se tomó los valores de 0.04 m para la separación entre las barras y de $1.00 \times 10^{-2} m$ de espesor de las mismas.

$$N_b = \frac{B}{e + S}$$

Ecuación 10

Datos:

B : Ancho del canal (m); $0.3 m$

S : Separación entre las barras (m); $0.04 m$

e: Espesor de las barras(m); $1.00 \times 10^{-2} \text{ m}$

$$N_b = \frac{0.3 \text{ m}}{1.00 \times 10^{-2} \text{ m} + 0.04 \text{ m}}$$

$$N_b = 7.5 \cong 7$$

Para el cálculo de pérdida de carga se usan con los datos expuesto en el siguiente cuadro:

Tabla 10-3: Coeficiente de pérdida para rejillas

Sección transversal							
Forma de rejilla Fig. 7-3	A	B	C	D	E	F	G
β	2.48	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

Fuente: Norma RAS, 2000, Pp 51.

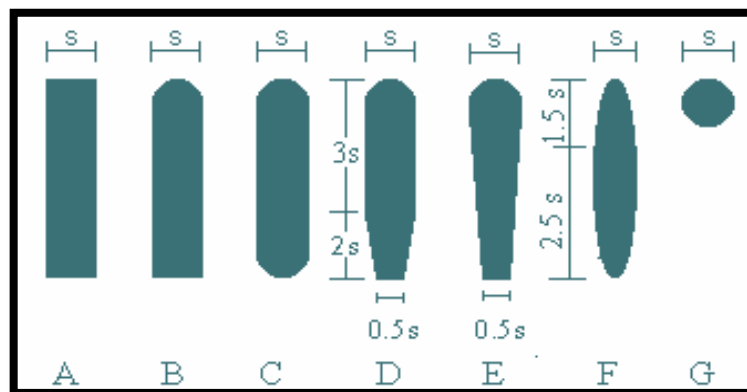


Figura 7-3: Diferentes formas de rejillas

Fuentes: RAS, 2000

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

- **Pérdida de carga, H :**

En el diseño del sistema de rejillas mediante la Norma RAS 2000, se considera diseñarla en forma circular, como se puede observar en la figura 7-3, por lo que se considera el uso de factor de seguridad de la forma G de la tabla 7-3, siendo el valor de este 1.79.

$$H = \beta \left(\frac{S}{e} \right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{v^2}{2g} \right) \text{sen}\theta$$

Ecuación 11

Datos:

β : Factor dependiente de la forma de barras(adimencional); 1.79

S : Separación entre las barras (m); 0.03 m

e : Espesor de las barras (m); $1.00 \times 10^{-2} m$

v : Velocidad de flujo ($\frac{m}{s}$); $0.60 \frac{m}{s}$

g : Gravedad ($\frac{m}{s^2}$) = $9.8 \frac{m}{s^2}$

θ : Ángulo de inclinación de las barras (grados); 60°

$$H = 1.79 \left(\frac{0.03 m}{1.00 \times 10^{-2} m} \right)^{\frac{4}{3}} \times \left(\frac{0.60^2}{2 * 9.8 \frac{m}{s}} \right) \text{sen } 60$$

$$H = 0.123m < 0.15 m \text{ admisibles } *$$

3.2.6.3 Trampa de grasa y aceite

En aguas residuales los aceites, las grasa son los principales lípidos de importancia, estos compuestos sirven como alimentos para las bacterias, puesto que pueden ser hidrolizados en los ácidos grasos y alcoholes correspondientes. Su cuantificación es necesaria para determinar la necesidad del pre tratamiento, la eficiencia de los procesos de remoción y el grado de solución por este compuesto, teniendo como característica principal su baja o nula biodegradabilidad y una baja solubilidad con el agua.

En industrias el agua residual con presencia de grasas y aceites suelen ocasionar el taponamiento de tuberías, bombas, además de obstruir los sistemas de tratamiento causando problemas de flujo. Estas aguas grasas pueden componer alrededor del 20% de DBO_5 .

Una trampa de aceites y grasas consiste en una cámara pequeña de flotación en la que los aceites y grasas flotan a la superficie libre, mientras que el agua más clara es descargada. Para que el sistema tenga un funcionamiento óptimo se debe evitar cargas hidráulicas súbitas, ya que estas pueden producir agitación excesiva del contenido impidiendo la reacción y flotación normal de la grasa. (Romero, 2009)

Tabla 11-3: Criterios de diseño para trampa de aceites y grasas

PARAMETRO DE DISEÑO	VALOR	UNIDAD
*Área horizontal del tanque	0.25x0.25 por lado	<i>m</i>
Relación ancho/longitud	1:4 – 1:18	-
*Tiempo de retención	2.5-3	<i>min</i>
*Profundidad	<0.80	<i>continua</i>
Velocidad ascendente mínima	4	<i>mm/s</i>
*Ingreso	Codo de 90° diámetro mínimo de 75	<i>m</i>
*Parte inferior del codo de entrada	0.15 por debajo del nivel de liquido	<i>m</i>
*Parte superior de la tubería de salida deberá tener una ventilación	No menor de 0.05	<i>m</i>
*El espacio sobre el nivel del líquido	0.03 mínimo	<i>m</i>
*Salida	Tee con diámetro mínimo de 75	<i>mm</i>
*Pendiente	45 a 60	<i>°</i>
*Diferencia de nivel entre tubería de ingreso y tubería de salida	>0.05	<i>m</i>
Diámetro de tuberías de entrada	>Mínimo 50	<i>mm</i>
*Parte inferior de la tubería de salida	No menos de 0.075 ni más de 0.15 del fondo	<i>m</i>
Diámetro de tuberías de salida	>100 por lo menos	<i>mm</i>

*Fuente: OPS/CEPIS, 2003

.Fuente: Norma RAS, 2000.

Dimensionamiento del sistema de trampa de grasas y aceites

En el proceso de dimensionamiento de las rejillas de limpieza manual es aconsejable utilizar los valores que se indican en la tabla 11-3, aplicando criterios de diseño de la Norma RAS 2000 y OPC/CEPIS 2003.

- **Área de sedimentación, A_s :**

Considerando los valores típicos del OPC/CEPIS, para la construcción de un sistema de grasas y aceites, se tomó el área horizontal que es de 0.25 m^2 .

$$A = \frac{Q * a}{60 \frac{L}{min}}$$

Ecuación 12

Datos:

A: Área del tanque (m^2)

Q_p : Caudal diseño ($\frac{L}{min}$); $23.19 \frac{L}{min}$

a: Área (m^2); 0.25 m^2

$$A = \frac{23.19 \frac{L}{min} * 0.25 \text{ m}^2}{60 \frac{L}{min}}$$

$$A = 0.097 \text{ m}^2$$

- **Ancho del tanque, b:**

$$b = \sqrt{\frac{A}{4}}$$

Ecuación 13

Datos:

b: Ancho del tanque (m)

A: Área del tanque (m^2); 0.071 m^2

$$b = \sqrt{\frac{0.097 \text{ m}^2}{4}}$$

$$b = 0.16 \text{ m}$$

- **Largo del tanque, b:**

$$L = b * 4$$

Ecuación 14

Datos:

L: Largo (*m*)

b: Ancho del tanque (*m*); 0.13 m

$$L = 0.16m * 4$$

$$L = 0.64 m$$

- **Volumen útil, V_u :**

Mediante el uso da normativa OPC/CEPIS 2003, se considera el valor de 2.5 min del tiempo de retención hidráulica que está dentro de los valores sugeridos por dicha norma como se puede ver en la tabla 11-3.

$$V_u = Q * Tr$$

Ecuación 15

Datos:

V_u : Volumen útil (*L*)

Q: Caudal diseño ($\frac{L}{min}$); 23.19 ($\frac{L}{min}$)

Tr: Tiempo de retención hidráulica (*min*); 2.5 min

$$V_u = 23.19 \frac{L}{min} * 2.5min$$

$$V_u = 57.98 L$$

$$V_u = 0.058 m^3$$

- **Profundidad útil, P_u :**

$$P_u = \frac{V_u}{A}$$

Ecuación 16

Datos:

P_u : Profundidad útil (*m*)

V_u : Volumen útil (m^3); $0.058 m^3$

A : área (m^2); $0.097 m^2$

$$P_u = \frac{0.058 m^3}{0.097 m^2}$$

$$P_u = 0.6 m$$

- **Profundidad total del tanque, P_t :**

Se considera un valor de factor de seguridad para la profundidad del tanque para evitar que se produzca que se desemboque el efluente contaminante, como sugiere en la Norma RAS 2000 el valor de 0.3 m.

$$P_t = P_u + P_s$$

Ecuación 17

Datos:

P_t : Profundidad total del tanque (m)

P_u : Profundidad útil (m); $0.6 m$

P_s : Profundidad de seguridad (m); $0.3 m$

$$P_t = 0.6 m + 0.3 m$$

$$P_t = 0.9 m$$

3.2.6.4 Tanque séptico

Emplea un tratamiento anaerobio para sedimentación en el tanque, permitiendo así la eliminación de sólidos suspendidos, está estructurado por dos compartimentos, el primero es un cámara hermética para la sedimentación y recolección de materiales de mayor tamaño, el segundo donde se contiene materiales de menor tamaño que no fueron retenidos por la primera cámara. (Romero,2009)

Tabla 12-3 Criterios de diseño para tanque séptico.

PARÁMETRO DE DISEÑO	VALOR	UNIDAD
Ancho del tanque	No menor a 0.60	m
Profundidad neta	No menor a 0.75	m
Relación largo-ancho	2:1	-

continua

Tapa del tanque	No menor a 0.60 x 0.60	<i>m</i>
Altura útil	1.2 – 1.7	<i>m</i>
Resguardo	> 0.3	<i>m</i>
Compartimentos (2)	60/40	-
Diámetro de la tubería de entrada	Mínimo 100	<i>mm</i>
Diámetro de la tubería de entrada	Mínimo 75	<i>mm</i>
Tasa acumulación del lodo	0.04	$\frac{m^3}{hab * año}$
Diámetro del registro de inspección	Mínimo 150	<i>mm</i>
Nivel de la tubería de salida	0.05 por debajo de tubería de entrada	<i>m</i>
Dispositivos de entrada y salida tendrá una ventilación	Luz libre para ventilación no más de 0.05	<i>mm</i>

*Fuente: Método USPHS

Fuente: OPS/CEPIS, 2003.

Dimensionamiento del tanque séptico

Una vez obtenido el caudal de diseño mediante balances de masa para los diferentes productos producidos por la industria láctea, y conociendo el número de personal que labora que es de 13 personas se obtendrá la dotación de agua residual que se genera, mediante la siguiente ecuación:

$$D = \frac{Q_D}{P}$$

Ecuación 18

Datos:

D: Dotación $\left(\frac{L}{hab*min}\right)$

Q_D: Caudal de diseño $\left(\frac{L}{día}\right)$; 33403.14 $\frac{L}{día}$

P: Población servida hab); 13 *hab*

$$D = \frac{33403.14 \frac{L}{día}}{13 \text{ hab}}$$

$$D = \frac{2569.47 L}{hab * día}$$

- **Cálculo del periodo de retención hidráulica, P_r:**

Debido al incremento del caudal a futuro por aumento de producción y por ende el aumento de recepción leche, también se produce el aumento del personal para cubrir las necesidades que esta

va a generar al tener su crecimiento anual siendo de 50 personas, el cual está dirigido a 10 años a futuro.

$$P_r = 1.5 - 0.3 \log(P * D)$$

Ecuación 19

Datos:

P_r : Periodo de retención hidráulica (días)

D: Dotación ($\frac{L}{hab*día}$); $2569.47 \frac{L}{hab*día}$

P: Población servida (hab); 50 hab

$$P_r = 1.5 - 0.3 \log (50hab * 2569.47 \frac{L}{hab * día})$$

$$P_r = 0.033 \text{ dias}$$

- **Volumen requerido para la sedimentación, V_s :**

$$V_s = 10^{-3} * (P * Q) * P_r$$

Ecuación 20

Datos:

V_s = Volumen requerido para la sedimentación (m^3)

D: Dotación ($\frac{L}{hab*día}$); $2569.47 \frac{L}{hab*día}$

P: Población servida (hab); 50 hab

P_r : Periodo de retención hidráulica (días); 0.033 días

$$V_s = 10^{-3} \left(50hab * 2569.47 \frac{L}{hab * día} \right) * 0.033 \text{ días}$$

$$V_s = 4.2 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del volumen de lodos producidos**

Aplicando criterios descritos en la Norma OPS/CEPIS 2003 el valor de G considerado es de

$90 \frac{L}{hab*año}$, cuando no se posee sistema de alcantarillado a G se le adiciona el valor de $20 \frac{L}{hab*año}$ aplicando dichos criterios.

- **Volumen de digestión y almacenamiento de lodos, V_d :**

$$V_s = P * G * N * 10^{-3}$$

Ecuación 21

Datos:

V_d = Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (m^3)

P: Población servida (hab); 50 *hab*

G: Volumen de lodos producidos ($\frac{L}{hab*año}$); $110 \frac{L}{hab*año}$

N: Intervalo deseado entre operaciones sucesivas de remoción de lodos (años); 1 año

$$V_d = 50hab * 110 \frac{L}{hab * año} * 1 año * 10^{-3}$$

$$V_d = 5.5 m^3$$

- **Volumen total, V_t :**

$$V_t = V_s + V_d$$

Ecuación 22

Datos:

V_t = Volumen total (m^3)

V_s = Volumen requerido para la sedimentación (m^3); $4.2 m^3$

V_d = Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (m^3); $5.5 m^3$

$$V_t = 4.2 m^3 + 5.5 m^3$$

$$V_t = 9.7 m^3$$

- **Área del tanque, V_t :**

Aplicando criterios de diseño en la Norma OPS/CEPIS 2003 el ancho (b) sugerido es de 3m y altura útil (Hu) de 1.2m.

$$V_t = L * b * Hu$$

$$L * b = \frac{V_t}{Hu}$$

Ecuación 23

Datos:

A= Área del tanque (m^2)

V_t = Volumen total (m^3); $9.7 m^3$

Hu: Profundidad útil (m); 1.2 m

$$A = L * b = \frac{9.2 m^3}{1.2m}$$

$$A = L * b = 7.67m^2$$

- **Longitud del tanque (L) :**

$$L = \frac{A}{b}$$

Ecuación 24

Datos:

L= Longitud del tanque (m)

A= Área del tanque (m^2); $7.67 m^2$

b= Ancho del tanque (m); 3 m

$$L = \frac{7.67 m^2}{3 m}$$

$$L = 2.56 m$$

- **Longitud de los compartimentos**

Se usó 2 compartimentos con una relación de 60/40, para una mejor eficiencia en la remoción de carga orgánica del agua residual.

- **Longitud de compartimento 1**

$$L_1 = 0.6 * L$$

Ecuación 25

Datos:

L_1 = Longitud del compartimento 1 (m)

L = Longitud del tanque (m); 2.56 m

$$L_1 = 0.6 * (2.56 m)$$

$$L_1 = 1.54 m$$

Longitud de compartimento 2

$$L_2 = 0.4 * L$$

Ecuación 26

Datos:

L_2 = Longitud del compartimento 2 (m)

L = Longitud del tanque (m); 2.56 m

$$L_2 = 0.4 * (2.56 m)$$

$$L_2 = 1.02 m$$

- **Profundidad máxima de espuma sumergida, He :**

$$He = \frac{0.7}{A}$$

Ecuación 28

Datos:

He = Profundidad máxima de espuma sumergida (m)

A= Área del tanque (m^2); $7.67 m^2$

$$He = \frac{0.7}{7.67 m^2}$$

$$He = 0.091 m^2$$

- **Altura del tanque, h_L :**

$$Vd = L * b * h_L$$

$$h_L = \frac{Vd}{L * b}$$

Ecuación 29

Datos:

h_L : Altura del tanque (m)

V_d = Volumen de digestión y almacenamiento de lodos (m^3); $5.5 m^3$

L= Longitud del tanque (m); $2.56 m$

b= Ancho del tanque (m); $3 m$

$$h_L = \frac{5.5 m^3}{2.56 m * 3 m}$$

$$h_L = 0.72 m$$

- **Altura total , H_T :**

Aplicando criterios de diseño de la Norma POS/CEPIS 2003 la altura de seguridad “ H_s ”, recomienda un valor de 0.30 m para evitar desbordamientos.

$$H_T = H_u + H_s$$

Ecuación 30

Datos:

H_T : Altura total (m)

H_u : Altura útil (m); $1.2 m$

H_s = Altura de seguridad (m); $0.3 m$

$$H_T = 1.2 m + 0.3 m$$

$$H_T = 1.5 m$$

3.2.6.5 Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

Es uno de los filtros más fáciles de mantener debido a que su biomasa suele permanecer como una película microbiana, permitiendo un crecimiento adherido, al ser de flujo ascendente existe un bajo riesgo que tienda a sufrir un taponamiento.

En su estructura consta de un tanque, el cual esta relleno de un medio sólido que va a actuar para la formación de la película microbiana formada al poner en contacto el agua residual con el medio sólido provocando su formación por la retención de bacterias en él.

Tabla 13-3 Criterios de diseño del filtro anaerobio de flujo ascendente

Parámetro	Rango	Unidad
*Profundidad útil	No menor a 1.80	<i>m</i>
*Ancho	0.85-5.40	<i>m</i>
*Volumen útil mínimo	No menor de 1.25	<i>m³</i>
*H medio soporte	No menor a 1.2	<i>m</i>
*Salida del efluente	No menor a 30 sobre el lecho	<i>cm</i>
Tiempo de retención	24-48	<i>horas</i>
Carga orgánica	1-30	<i>Kg DQO/m³*día</i>
Velocidad del flujo	<10	<i>m/días</i>
Edad de lodos	0.5-5	<i>días</i>
Distancia entre orificios de entrada	1-2	<i>m</i>

Fuentes: Norma brasilera ABNT y Norma RAS 2000.

Dimensionamiento del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA)

En el proceso de dimensionamiento filtro anaerobio de flujo ascendente es aconsejable utilizar los valores que se indican en la tabla 13-3, aplicando criterios de diseño de la Norma RAS 2000 y Norma Brasileira ABNT.

- **Cálculo del volumen del filtro, l:**

Considerando los valores de la tabla 13-3, se toma el valor de 1 día que está dentro de los valores sugeridos para el dimensionamiento del FAFA.

$$Vf = Q * Tr$$

Ecuación 31

Datos:

Vf: Volumen del filtro (m^3)

Q: Caudal de diseño ($\frac{m^3}{dia}$); $33.4 \frac{m^3}{dia}$

Tr: Tiempo de retención hidráulica (dia); 1 dia

$$Vf = 24,67 \frac{m^3}{dia} * 1 \text{ día}$$

$$Vf = 33,4 \text{ m}^3$$

- **Cálculo del área horizontal del filtro, Af:**

Mediante el cumplimiento de la Normativas expuestas en la tabla 13-3, se optó por un valor de 1.8 m para la profundidad útil, siendo el valor mínimo para el mismo.

$$Af = \frac{Vf}{H_u}$$

Ecuación 32

Datos:

Af: Área horizontal del filtro (m^2)

Vf: Volumen del filtro (m^3); $33.4m^3$

H_u: Profundidad útil del filtro (m); 1.8 m

$$Af = \frac{33.4m^3}{1.8 \text{ m}}$$

$$Af = 18.56 \text{ m}^2$$

- **Cálculo de la longitud del filtro, L:**

Se consideró el valor de 3.0m para el ancho del filtro, mediante el uso de las normativas expuestas en la tabla 13-3.

$$L = \frac{Af}{b}$$

Ecuación 33

Datos:

L: Longitud del filtro (m)

Af: Área horizontal del filtro (m^2); $18.56m^2$

b: Ancho del filtro (m); 3.0 m

$$L = \frac{18.56m^2}{3.0 \text{ m}}$$

$$L = 6.19m$$

- **Cálculo de la altura total de la cámara, H_{Tf} :**

$$H_{Tf} = H_u + 0.30$$

Ecuación 34

Datos:

H_{Tf} : Altura total de la cámara (m)

H_u : Altura útil (m); 1.8 m

$$H_{Tf} = 1.80 \text{ m} + 0.30$$

$$H_{Tf} = 2.1 \text{ m}$$

- **Profundidad útil del filtro**

Se consideró útil mediante ensayo de laboratorio el uso de carbón activado en el filtro para la eliminación del color del agua residual, ayudando a una mejor percepción organoléptica del agua en el aspecto visual, ya que existe una coloración blanquecina propia de la leche en el agua residual.

- Arena: 1, metros
- Carbón activado: 0.30 metros
- Grava fina: 0.30 metros
- Grava gruesa 0.20 metros
- Falso fondo: 0.30 metros

3.2.6.6 Eras de secado

Para el dimensionamiento de las eras de secado se tomó en consideración los criterios de la Norma OPS/CEPIS 2005 y RAS 2000.

Para la determinación de la carga de sólidos, es necesaria la población a la cual se va a destinar teniendo:

Tabla 14-3: Criterios de diseño para eras de secado

PARÁMETROS DE DISEÑO	VALOR	UNIDAD
Profundidad total útil	50-60	cm
Ancho de eras de secado	3-6	m
*Diámetro de eras de secado	No menor de 100	mm
Medio de drenaje	0.30 de espesor	mm
Profundidad aplicable	0.20-0.40	m
Pendiente	No menor a 1	%
Medio de soporte	Capa de 15	cm
Canales laterales de alimentación de las tuberías principales (espaciamiento)	2.5 y 3	m
Arena	Tamaño de 0.3 a 1.3	mm
Grava	Entre 51 y 200 de espesor	mm

*Fuente: Norma RAS, 2000.

Fuente: OPS/CEPIS, 2005, pp 18.

Dimensionamiento de eras de secado

En el proceso de dimensionamiento de las eras de secado es aconsejable utilizar los valores que se indican en la tabla 14-3, aplicando criterios de diseño de la Norma RAS 2000 y Norma OPS/CEPIS 2005.

- **Población equivalente, PE:**

$$PE = \frac{Q_D * DBO}{C}$$

Ecuación 35

Datos:

PE: Población equivalente (hab)

Q_D : Caudal de diseño ($\frac{m^3}{día}$); $33.4 \frac{m^3}{día}$

DBO: DBO₅ del efluente ($\frac{g}{m^3}$); $260.6 \frac{g}{m^3}$

C: Carga orgánica contaminante típica per cápita $\frac{g}{hab*día}$; $60 \frac{g}{hab*día}$

$$PE = \frac{33.4 \frac{m^3}{día} * 260.6 \frac{g}{m^3}}{60 \frac{g}{hab * día}}$$

$$PE = 145 hab$$

- **Cálculo de la carga de sólidos, SS:**

$$SS = SS * Q_D * \left(\frac{1}{PE} \right)$$

Ecuación 36

Datos:

SS: Sólidos suspendidos ($\frac{g}{m^3}$); $255.33 \frac{g}{m^3}$

Q_D: Caudal diseño ($\frac{m^3}{día}$); $33.4 \frac{m^3}{día}$

P: Población equivalente (*hab*); 145 *hab*.

$$SS = 255.33 \frac{g}{m^3} * 33.4 \frac{m^3}{día} * \left(\frac{1}{145 hab} \right)$$

$$SS = 58.81 \frac{g SS}{día * hab}$$

- **Cálculo de la carga de sólidos, SS:**

$$C_s = \frac{PE * SS}{1000g}$$

Ecuación 37

Datos:

C_s: Contribución per cápita ($\frac{Kg SS}{hab*día}$)

SS: Sólidos suspendidos ($\frac{g SS}{día*hab}$); $58.81 \left(\frac{g SS}{día*hab} \right)$

PE: Población equivalente (*hab*); 145 *hab*

$$C_s = \frac{145 \text{ hab} * 58.81 \frac{g \text{ SS}}{\text{día} * \text{hab}}}{1000g}$$

$$C_s = 8.53 \frac{Kg \text{ SS}}{\text{día} * \text{hab}}$$

- Cálculo de la masa de sólidos que conforman los lodos, SS:

$$M_s = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C_s) + (0.5 * 0.3 * C_s)$$

Ecuación 38

Datos:

M_s : Masa de sólidos ($\frac{Kg \text{ SS}}{\text{hab} * \text{día}}$)

C_s : Contribución per cápita ($\frac{Kg \text{ SS}}{\text{hab} * \text{día}}$); 6.29 $\frac{Kg \text{ SS}}{\text{hab} * \text{día}}$

$$M_s = \left(0.5 * 0.7 * 0.5 * 6.29 \frac{Kg \text{ SS}}{\text{hab} * \text{día}} \right) + \left(0.5 * 0.3 * 6.29 \frac{Kg \text{ SS}}{\text{hab} * \text{día}} \right)$$

$$M_s = 2.04 \frac{Kg \text{ SS}}{\text{hab} * \text{día}}$$

- Cálculo del volumen de lodos digeridos, V_{ld} :

$$V_{ld} = \frac{M_s}{\rho_{lodos} * \left(\frac{\%sol}{100} \right)}$$

Ecuación 39

Datos:

V_{ld} : Volumen diario de lodos digeridos ($\frac{L}{\text{día}}$)

M_s : Masa de sólidos ($\frac{Kg \text{ SS}}{\text{hab} * \text{día}}$); 2.04 $\frac{Kg \text{ SS}}{\text{hab} * \text{día}}$

ρ_{lodos} : Densidad de los lodos ($\frac{Kg}{L}$); 1.04 $\frac{Kg}{L}$

$$V_{ld} = \frac{2.04 \frac{Kg \text{ SS}}{\text{hab} * \text{día}}}{1.04 \frac{Kg}{L} * \left(\frac{12}{100} \right)}$$

$$V_{ld} = 16.35 \frac{L}{\text{día}}$$

- Cálculo del volumen de lodos a extraerse, V_{le} :

$$V_{le} = \frac{V_{ld} * Tr}{1000}$$

Ecuación 40

Datos:

V_{le} : Volumen de lodos a extraerse (m^3)

V_{ld} : Volumen de lodos a extraerse (m^3); $16.35 \frac{L}{día}$

Tr : Tiempo de retención hidráulica (día); 55 días

$$V_{le} = \frac{16.35 \frac{L}{día} * 55 día}{1000}$$

$$V_{le} = 0.89 m^3$$

- Cálculo del área de eras de secado, V_{le} :

$$A_{ls} = \frac{V_{le}}{H_A}$$

Ecuación 41

Datos:

A_{ls} = Área de eras de secado (m^2)

V_{ld} : Volumen de lodos a extraerse (m^3); $0.89 m^3$

H_A : Altura (m), 0,40 m

$$A_{ls} = \frac{0.89 m^3}{0.40 m}$$

$$A_{ls} = 2.23 m^2$$

Calculo largo de eras de secado, L :

$$L = \frac{A_{ls}}{b}$$

Ecuación 2

Datos:

L = Longitud de la eras de secado (m)

A_{ls} = Área de eras de secado (m^2); $2.23 m^2$

b = Ancho de la eras de secado (m); 1 m

$$L = \frac{2.23 m^2}{1 m}$$

$$L = 2.23 m$$

- **Número de eras de secado, V_{le} :**

$$Número_{eras} = 2$$

Por factor de limpieza se llega a la conclusión de construir dos eras de secado, es decir, que una estará en funcionamiento para el depósito de lodos mientras la otra se encontrará disponible cuando esta tienda a llenarse.

3.2.7 Resultados

3.2.7.1 Resultados de dimensionamiento

A continuación, se da a conocer los resultados obtenidos en los diferentes procesos de depuración del efluente obtenidos mediante normas, criterios y guías para su debido diseño.

a. Caudal de diseño

La determinación del caudal de diseño es considerado como una parte fundamental para la obtención del sistema de tratamiento, obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 15-3: Determinación caudal punta

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Caudal de diseño	Q_D	$\frac{m^3}{\text{día}}$	33.40

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

b. Diseño de rejillas

Una vez que ingrese el efluente al sistema de tratamiento de aguas residuales y con ayuda de criterios de diseño bajo la Norma RAS 200, se dimensionó un sistema de cribado como son las rejillas de limpieza manual que contarán un ángulo de 60°. A continuación, se da a conocer los resultados obtenidos:

Tabla 16-3: Dimensionamiento del sistema de rejillas

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área libre al paso del agua	A_L	m^2	0.00065
Velocidad de flujo	V	m/s	0.60
Altura del tirante en el canal	h_{ar}	m	0.0022
Altura del tirante de construcción	h_a	m	0.3022
Ancho del canal	B	m	0.3
Ángulo de inclinación	α	$^\circ$	60
Espesor de las barras	E	m	1.00×10^{-2}
Longitud de barras	L_b	m	0.35
Número de barras	N_b	Unidades	7
Pérdida de carga	H	m	0.123
Separación entre barras	S	m	0.04

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

c. Diseño del dimensionamiento de trampa de aceite y grasa

Gracias al dimensionamiento de este sistema se removerán los aceites y grasas contenidos en la leche y así evitar que produzca inconvenientes posteriores en los demás procesos del tratamiento, fue diseñado bajo criterios de las normas OPS/CEPIS 2003 y RAS 2000.

Tabla 17-3: Dimensionamiento de trampa de aceite y grasa.

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Área	a	m^2	0.25
Área del tanque	A	m^2	0.097
Ancho del tanque	b	M	0.16
Largo del tanque	L	m	0.64
Volumen útil	V_u	m^3	0.058
Tiempo de retención hidráulica	Tr	min	2.5
Profundidad de seguridad	P_s	m	0.3
Profundidad útil	P_u	m	0.6
Profundidad total del tanque	P_t	m	0.9
Diámetro de tuberías (entrada)	-	mm	110
Diámetro de tuberías (salida)	-	mm	110
Pendiente	\emptyset	-	45

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

d. Diseño de un tanque séptico,

El dimensionamiento de un tanque séptico tiene como propósito la disminución de materia orgánica, suspendidos, aceites y grasas contenidas en el efluente, el cual se dimensionó según la norma CEPIS/OPS 2003 y el método USPHS. En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 18-3: Dimensionamiento de un tanque séptico

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Periodo de retención	P_r	días	0.033
Volumen requerido para la sedimentación	V_s	m^3	4.2
Volumen de digestión y almacenamiento de lodos	V_d	m^3	5.5
Volumen total	V_t	m^3	9.7
Área del tanque	A	m^2	7.67

continua

Ancho del tanque	b	m	3
Longitud del tanque	L	m	2.56
Longitud compartimento 1	L_1	m	1.54
Longitud compartimento 2	L_2	m	1.02
Altura de seguridad	H_s	m	0.3
Altura útil	H_u	m	1.2
Altura total	H_T	m	1.5
Profundidad máxima de espuma sumergida	H_e	m^2	0.091
Diámetro de tuberías (entrada)	\emptyset	mm	200
Diámetro de tuberías (salida)	\emptyset	mm	200
Diámetro de tuberías de registro	\emptyset	mm	0.75

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

e. Diseño del dimensionamiento para filtro anaerobio de flujo ascendente

Mediante el dimensionamiento del filtro anaerobio de flujo ascendente se desea remover los sólidos y la materia orgánica procedente del sedimentador, el cual brindará una mejor eficiencia y calidad al efluente resultante, el filtro se dimensionó con criterios de diseño de la norma RAS 2000, obteniendo los resultados que se dan a conocer a continuación:

Tabla 19-3: Dimensionamiento filtro anaerobio de flujo ascendente

Parámetro	Símbolo	Unidad	Valor
Tiempo de retención	Tr	$día$	1
Volumen del filtro	V_f	m^3	33.4
Área horizontal del filtro	A_f	m^2	18.56
Longitud del filtro	L	m	6.19
Ancho del filtro	b	m	3
Altura total de la cámara	H_{Tf}	m	2.1
Profundidad útil	H_u	m	1.8
Altura de falso fondo	-	m	0.3

continúa

Arena	-	<i>m</i>	1.0
Espesor de capa de carbón activado	-	<i>m</i>	0.3
Espesor de la capa de grava fina	-	<i>m</i>	0.2
Espesor de la capa de grava gruesa	-	<i>m</i>	0.3

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

f. Diseño del dimensionamiento de la era de secado.

Debido a la generación de lodos en el sedimentador, se ha visto en la necesidad de diseñar una era de secado para la deshidratación de los mismos. Mediante el uso de criterios de diseño de la norma OPS/CEPIS 2003 se llevó el dimensionamiento de dicho proceso obteniendo los resultados que se dan a conocer a continuación:

Tabla 20-3: Dimensionamiento de la era de secado

Parámetros	Símbolo	Unidad	Valor
Carga de sólidos	S_s	$\frac{gSS}{hab * día}$	58.81
Sólidos suspendidos salientes	CS	$\frac{KgSS}{hab * día}$	8.53
Masa de sólidos que conforman los lodos	M_s	$\frac{KgSS}{hab * día}$	2.04
Volumen diario de lodos digeridos	V_{ld}	$\frac{L}{día}$	16.35
Volumen de lodos a extraerse	V_{le}	m^3	0.89
2	A_{ls}	m^2	2.23
Largo de eras de secado	L	m	2.2
Ancho de era de secado	B	m	1
Número de eras de secado		-	2

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

3.2.7.2 Porcentaje de remoción de contaminantes mediante el sistema de tratamiento del agua residual planteado

Con finalidad de determinar la eficiencia que tiene cada proceso que forma parte del diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, con respecto a la remoción de contaminantes presentes en agua residual se ha considerado los parámetros más significativos como son las grasas y aceites, el DBO₅, DQO y los sólidos suspendidos. Mediante valores teóricos de diferentes investigaciones y experimentaciones previamente realizadas con los cuales se obtienen los rendimientos teóricos de cada uno de los equipos del sistema.

➤ Trampa de grasa y aceite

Según datos bibliográficos revisados en diferentes estudios, se determinó que el sedimentador primario suele variar su eficiencia para grasas y aceites de 90%, de DBO₅ del 20-30%, el DQO del 20-25 % y de sólidos suspendidos de 30%.

✓ Remoción de DQO

$$DQO_{removida} = \frac{874,33mg}{L} - \left(\frac{874,33 \frac{mg}{L} * 25\%}{100\%} \right)$$
$$DQO_{removida} = \frac{655,75 mg}{L}$$

✓ Remoción de DBO₅

$$DBO_{5\ removida} = \frac{392,33mg}{L} - \left(\frac{392,33 \frac{mg}{L} * 20\%}{100\%} \right)$$
$$DBO_{5\ removida} = \frac{313,86 mg}{L}$$

✓ Remoción de sólidos suspendidos

$$SS_{removida} = \frac{255,33mg}{L} - \left(\frac{255,33 \frac{mg}{L} * 30\%}{100\%} \right)$$

$$SS_{removida} = \frac{178,33 \text{ mg}}{L}$$

- ✓ Remoción de grasas y aceites

$$Grasas \text{ y } aceites_{removida} = \frac{298,87 \text{ mg}}{L} - \left(\frac{298,87 \frac{\text{mg}}{L} * 90\%}{100\%} \right)$$

$$Grasas \text{ y } aceites_{removida} = \frac{29,89 \text{ mg}}{L}$$

➤ Tanque séptico

De igual manera mediante revisión bibliográfica se tiene que los porcentajes de eficiencia para el tanque séptico se encuentra para los parámetros DBO₅ y DQO dentro del rango de 30-50 %, y para sólidos suspendidos del 50-70%, por lo que se ha visto en la necesidad de tomar el valor de 60% para los parámetros DBO₅ y el DQO, y un valor para sólidos suspendidos del 40%.

- ✓ Remoción de DQO

$$DQO_{removida} = \frac{655,75 \text{ mg}}{L} - \left(\frac{655,75 \frac{\text{mg}}{L} * 30\%}{100\%} \right)$$

$$DQO_{removida} = \frac{459,03 \text{ mg}}{L}$$

- ✓ Remoción de DBO₅

$$DBO_{5 \text{ removida}} = \frac{313,86 \text{ mg}}{L} - \left(\frac{313,86 \frac{\text{mg}}{L} * 30\%}{100\%} \right)$$

$$DBO_{5 \text{ removida}} = \frac{219,70 \text{ mg}}{L}$$

- ✓ Remoción de sólidos suspendidos

$$SS_{removida} = \frac{178,33 \text{ mg}}{L} - \left(\frac{178,33 \frac{\text{mg}}{L} * 50\%}{100\%} \right)$$

$$SS_{removida} = \frac{89,17 \text{ mg}}{L}$$

➤ **Filtro anaerobio de flujo ascendente**

Por último y no menos importante se tiene el filtro anaerobio de flujo ascendente cuya eficiencia en remoción de DQO va en un rango de 60-80%, para la remoción de DBO₅ va en un rango de 65-80% y de sólidos suspendidos de 60-70%. Se tomará un valor del 60% de eficiencia para el DQO, 65% para DBO₅, y del 60% para sólidos suspendidos.

✓ Remoción de DQO

$$DQO_{removida} = \frac{459,03 \text{ mg}}{L} - \left(\frac{459,03 \frac{\text{mg}}{L} * 60\%}{100\%} \right)$$

$$DQO_{removida} = \frac{183,61 \text{ mg}}{L}$$

✓ Remoción de DBO₅

$$DBO_5_{removida} = \frac{219,70 \text{ mg}}{L} - \left(\frac{\frac{\text{mg}}{L} * 65\%}{100\%} \right)$$

$$DBO_5_{removida} = \frac{76,89 \text{ mg}}{L}$$

✓ Remoción de sólidos suspendidos

$$SS_{removida} = \frac{89,17 \text{ mg}}{L} - \left(\frac{89,17 \frac{\text{mg}}{L} * 50\%}{100\%} \right)$$

$$SS_{removida} = \frac{44,59 \text{ mg}}{L}$$

Mediante este proceso planteado para el tratamiento del efluente contaminado, se tiene una alta posibilidad de funcionamiento del diseño generado, teniendo teóricamente valores dentro de los límites permisibles exigidos por la normativa para la descarga del agua contaminante.

3.2.7.3 Resultados de caracterización del agua residual tratada

La planta de tratamiento de agua residual anteriormente propuesta se enfoca en la reducción de los valores de sólidos suspendidos, aceites y grasas, DBO_5 y DQO existentes en el efluente sin ningún tratamiento provenientes de la empresa láctea “El Toril”.

En la siguiente tabla se puede observar los valores finales obtenidos con la planta de tratamiento propuesta, los cuales se comparan con límites permisibles establecidos por el Registro Oficial de la Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, Libro VI Anexo 1, Tabla 9 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”.

Observándose que se da el cumplimiento de normativa ambiental, indicando que el sistema de tratamiento propuesto fue eficiente para la remoción de los parámetros que se encontraban fuera de los límites permisibles de dicha normativa.

Los resultados de la caracterización final se demuestran a continuación en la tabla 21-3:

Tabla 21-3: Resultado del agua residual tratada

PARÁMETROS	UNIDAD	Resultado			Valores promedio	Norma TULSMA
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3		Lím.Máx.Per*
TURBIEDAD	NTU	4,02	3.78	3,09	3.63	.....
pH	.....	6,37	6,44	6,58	6.46	.....
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	uS/cm	781.00	792.00	731.00	768	.....
ACEITES Y GRASAS	mg/L	26.80	27.60	24.10	26.17	30.0
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mg/L	6.00	1.02	0.4	1.66	1600
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	110	102.00	97.00	103	130
FÓSFORO TOTAL	mg/L	1.55	1.69	1.51	1.58	10.0
NITRÓGENO TOTAL	mg/L	41.40	43.70	48.20	44.43	50.0
CLORUROS	mg/L	210.20	224.80	206.40	213.8	1000
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/L	189.00	173.00	156.00	172.67	200
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO_5)	mg/L	86.00	81.00	73.00	80	100

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH)

* Límites permisibles establecidos en el TULSMA, Recurso Agua, del Libro VI, Anexo 1, Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

3.2.7.4 Comparación de parámetros del agua residual inicial y agua residual tratada.

Tabla 22-3: Comparación de parámetros del agua residual inicial y agua residual tratada

PARÁMETROS	UNIDAD	Agua residual sin tratar	Agua residual tratada	Norma TULSMA
				Lím.Máx.Per*
TURBIEDAD	NTU	75.67	3.63	.....
pH	.....	4.59	6.46	.....
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	uS/cm	1222	768	.....
ACEITES Y GRASAS	mg/L	298.87	26.17	30.0
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	mg/L	2.53	1.66	1600
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	255.33	103	130
FÓSFORO TOTAL	mg/L	1.66	1.58	10.0
NITRÓGENO TOTAL	mg/L	70.14	44.43	50.0
CLORUROS	mg/L	237.75	213.8	1000
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)	mg/L	874.33	172.67	200
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	mg/L	392.33	80	100

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH)

* Límites permisibles establecidos en el TULSMA, Recurso Agua, del Libro VI, Anexo 1, Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

3.2.7.5 Porcentaje de remoción real del proceso de depuración del efluente contaminado

El porcentaje de remoción que se obtuvo en el proceso de depuración del agua residual obtuvo excelentes resultados en cada uno de los parámetros analizados y en forma general del promedio de ellos, donde se puede observar a continuación el porcentaje de remoción en los siguientes parámetros analizados que se encontraban fuera de los límites permisibles por la norma, tales como: Aceites y grasas, sólidos suspendidos totales, fósforo total, nitrógeno total, DQO y DBO₅.

Tabla 23-3: Remoción de carga contaminante

PARÁMETROS	UNIDAD	Agua residual sin tratar	Agua residual tratada	% Remoción
TURBIEDAD	NTU	75.67	3.63	95.20
ACEITES Y GRASAS	mg/L	298.87	26.17	91.24
SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	255.33	103	59.66
NITRÓGENO TOTAL	mg/L	70.14	44.43	36.66
DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO (DQO)	mg/L	874.33	172.67	80.25

continúa

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)	mg/L	392.33	80	79.61
--	------	--------	----	-------

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH)

* Límites permisibles establecidos en el TULSMA, Recurso Agua, del Libro VI, Anexo 1, Tabla 9, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

3.3 Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria.

3.3.1 *Requerimiento de materiales y equipos para el muestreo y medición de caudal de aguas residuales*

Tabla 24-3: Materiales de muestreo y recolección de información

Fundamento	Materiales	Procedimiento
Se basa en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98, Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.	<ul style="list-style-type: none"> • Recipientes de vidrio. • Borosilicato para caracterizaciones físico - químico. 	<ul style="list-style-type: none"> • La recolección se continúa intervalo de tiempo de 1 hora, que posteriormente formara parte de una muestra compuesta.

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

Los materiales y equipos utilizados en la determinación del caudal se detallan a continuación:

Tabla 25-3: Materiales y equipos para medición del caudal

Materiales	Equipos
Balde de 10 litros.	Cronómetro Cámara fotográfica.

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

3.3.2 *Requerimiento de equipos y métodos para caracterización físico- químico del agua residual.*

A continuación, se especifican los equipos, materiales y reactivos necesarios para la caracterización del agua residual:

Tabla 26-3: Materiales, equipos y reactivos para los análisis físicos del agua residual

Análisis físicos		
Materiales	Equipos	Reactivos
Buretas	Balanza analítica	Buffer pH 4.0
Buchner y Kitasato	Colorímetro	Buffer pH 7.0
Cámara fotográfica	Conductímetro	Formazin <0.1 FNU
Cronómetro	Destilador	Formazin 100 FNU
Escobilla de cerdas	Estufa	Formazin 1000 FNU
Guantes	Fotómetro	Formazin 200 FNU
Mandil	Turbidímetro	Formazin 800 FNU
Pipeta		Formazin 20 FNU
Vasos de precipitación		Formazin 4000 FNU
Soporte universal		

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH)

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

Tabla 27-3: Materiales, equipos y reactivos para los análisis químicos del agua residual

Análisis Químicos		
Materiales	Equipos	Reactivos
Botellones plásticos	Baño María	PhosVer 3
Cámara fotográfica	Espectrofotómetro	Reactivo Nessler
Cronómetro	Estufa	Solución férrica
Embudo de vidrio	Fotómetro	Solución de tiocianato de mercurio
Frascos cuenta gotas con tetina		
Gradilla		
Guantes		
Mascarillas		
Matraz Erlenmeyer		
Papel filtro		
Pera de succión		
Pinza		
Pipeta		
Pipeta volumétrica		
Probeta milimetrada		
Tubos de ensayo		
Varilla		
Vasos de precipitación		

Fuente: Dirección Técnica – Laboratorio de Servicios Ambientales (UNACH)

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

3.4 Análisis de costo/beneficio del proyecto

Tabla 28-3: Determinación de los costos del sistema de tratamiento de aguas residuales

Rubro/descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario(\$)	Precio Global(\$)
REJILLAS				
Rejillas metálicas	unidad	1	40.00	35.00
			Subtotal	40.00
TRAMPA DE GRASA Y ACEITE				
Acero de refuerzo f 4200 Kg/cm ²	Kg	50.00	2.00	100.00
Excavación manual suelo natural H=0-2m	m ³	2.0	8.00	16.00
Replanto de H.S.	m ³	3.00	30.50	91.50
Hormigón Simple F' C	m ³	1.60	180.20	288.32
Enlucido vertical con impermeabilización	m ²	100.00	9.45	945.00
Malla electrosoldada 10x10x6mm	m ²	1.80	12	21.60
Tubería PVC D=100mm 1.00MPa E/C + prueba + válvula	mL	20	5.00	100.00
			Subtotal	1562.42
TANQUE SÉPTICO				
Limpieza y desbroce	m ²	2.00	1.00	2.00
Replanteo y nivelación	m ²	3.50	4.20	14.70
Excavación manual suelo natural H=0-2m	m ³	3.20	8.00	25.60
Replanto H.S. 140 Kg/cm ²	m ²	4.0	30.50	122.00
Hormigón simple F' C= 210Kg/cm ²	m ³	2.5	180.20	450.50
Enlucido vertical con impermeabilización	m ²	120.00	9.45	1134.00
Encofrado de madera	m ²	16.00	8.00	128.00
Malla electro soldada 10x10x6mm	m ²	3.00	5.00	15.00
Tubería PVC D=110mm desagüe + válvula	mL	10.00	4.00	40.00
			Subtotal	1931.80
FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE				
Limpieza y desbroce	m ²	1.50	1.00	2.00

continua

Replanteo y nivelación	m^2	2.50	4.20	10.50
Excavación manual suelo natural H=0-2m	m^3	2.80	8.00	22.40
Replanteo H.S. 140 Kg/cm ²	m^2	3.0	30.50	91.50
Hormigón simple F'C= 210Kg/cm ²	m^3	2.2	180.20	396.66
Enlucido vertical con impermeabilización	m^2	90.00	9.45	850.50
Malla electro soldada 10x10x6mm	m^2	3.00	5.00	15.00
Relleno de arena	m^2	2.20	8.00	17.60
Relleno de carbón activado	m^2	0.60	25.00	15.00
Relleno de grava fina	m^2	0.60	8.00	4.8
Relleno de grava gruesa	m^2	0.2	8.00	1.6
Tubería PVC D=110mm desagüe + válvula	mL	8.00	4.00	32.00
			Subtotal	1459.56
ERA DE SECADO				
Excavación manual	m^3	2.60	8.50	22.10
Hormigón Simple f' c= 210 Kg/cm ² .	m^2	2.0	180.20	360.40
Arena y grava	m^3	8.00	8.00	64.00
			Subtotal	446.5
PRECIO TOTAL DEL SISTEMA FÍSICO DE TRATAMIENTO				5440.28

Realizado por: Melo, Holguer, 2018.

3.5 Análisis y conclusiones

Los resultados obtenidos fueron óptimos para el proceso propuesto, estos al ser conseguidos teniendo en cuenta que en la industria “El Toril” posee un caudal cambiante, según sea el lote de queso a producir y los litros de leche a ser descremada. Por otro lado, el uso del agua potable para limpieza de equipos y materiales suele percutir en la formación del efluente contaminante, siendo un inconveniente que debe ser considerado y dado solución, por medio del método de volumetría y mediante balances de masa del proceso de elaboración de queso y la leche descremada se obtuvo el caudal de diseño para el sistema de tratamiento de aguas residuales. A su vez se realizó un muestreo, obteniendo muestras compuestas, para su posterior análisis físico-químico de los cuales se obtuvieron los resultados para poder determinar los parámetros que se encontraban fuera de los límites permisibles de cada muestra, basada en el Registro Oficial de la Normativa de Calidad

Ambiental Recurso Agua del TULSMA, Libro VI Anexo 1, Tabla 9 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”.

Para el promedio de las muestras compuestas que presentaba un valor de 75.67 NTU de turbiedad, los parámetros que se encontraban fuera de la norma fueron: sólidos suspendidos con una concentración 255.33 mg/L siendo su límite permisible 130 mg/L, aceites y grasas con una concentración de 298.87 mg/L siendo el límite permisible 30 mg/L, nitrógeno total con una concentración de 70,14 mg/L siendo el límite permisible 50 mg/L, DQO con una concentración de 874,33 mg/L siendo el límite permisible 200 mg/L, y DBO₅ con una concentración de 392,33 mg/L siendo el límite permisible 100 mg/L, como se indica en la Tabla 5-3. Al realizar su debido tratamiento a nivel de laboratorio se obtuvo los siguientes datos: sólidos suspendidos de 103 mg/L, aceites y grasas de 26.17 mg/L, nitrógeno total de 44.43 mg/L, DQO de 172.67 mg/L, y DBO₅ con una concentración de 80 mg/L, como se indica en la Tabla 21-3, obteniéndose una remoción del: 59.66% para sólidos suspendidos, 91.24% para aceites y grasas, 36.66% para nitrógeno total, 79.61% para DBO₅ y 80.25% BQO, como se puede observar en la tabla 23-3.

Mediante el proceso de tratamiento de aguas residuales que consta de rejillas, trampa de grasas y aceites, tanque séptico, filtro anaerobio de filtro ascendente, la empresa láctea “El Toril” cumplirá con la obligación que tiene ante la legislación ambiental ecuatoriana, tratando sus vertidos, cumpliendo con la normativa expuesta para el recurso agua del TULSMA, para descargas de aguas residuales a un efluente de agua dulce.

Cronograma del proyecto: “Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales generadas por la industria de productos lácteos “El Toril

ACTIVIDAD	TIEMPO																							
	1° mes				2° mes				3° mes				4° mes				5° mes				6° mes			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Revisión bibliográfica																								
Diagnóstico del estado actual de la parroquia																								
Caracterización de aguas residuales en el laboratorio																								
Análisis de resultados.																								
Proponer el sistema de tratamiento de aguas residuales.																								
Selección del tema.																								
Elaboración anteproyecto.																								
Presentación y aprobación anteproyecto.																								
Muestreo de aguas y determinación de tratamiento adecuado.																								
Ordenamiento y tabulación información.																								
Análisis información.																								
Cálculos y propuestas (dimensión del sistema de tratamiento.)																								
Elaboración de borradores.																								
Corrección borradores.																								
Tipiado del trabajo final.																								
Empastado y presentación del trabajo final.																								
Auditoría académica.																								
Defensa del trabajo.																								

CONCLUSIONES

Las aguas residuales resultantes que se originan en la empresa láctea “El Toril”, en las tres muestras compuestas realizadas presentaron en su caracterización físico-químico parámetros fuera de los límites permisibles basadas en el Registro Oficial de la Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, Libro VI Anexo 1, Tabla 9 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”. Siendo el promedio de estos: turbiedad 86,00 NTU, aceites y grasas 374 mg/L, sólidos suspendidos totales 340 mg/L, nitrógeno total 82.4 mg/L, demanda bioquímica de oxígeno 392,33 mg/L, demanda química de oxígeno 874,33 mg/L.

Las variables identificadas apropiadas para el tratamiento del efluente y proposición del proceso de diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales fueron: el caudal de diseño 33.40 m^3/dia , aceites y grasas, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno.

Los cálculos ingenieriles para el dimensionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales se realizaron a partir de los criterios de diseño y variables identificadas dando un sistema de depuración que consta de los siguientes procesos: rejillas, trampa de grasa y aceite, tanque séptico, filtro anaerobio de flujo ascendente y eras de secado.

Haciendo uso de la relación del índice de biodegradabilidad para la selección del tratamiento que sea eficiente para la depuración del agua residual, se conformó el diseño de tratamiento planteado, siendo comprobado mediante experimentación en laboratorio y obteniendo una caracterización físico-químico final la depuración del efluente contaminado con resultados de remoción de: turbiedad 95,24 %, aceites y grasas 91,24 %, sólidos suspendidos totales 59,66 %, nitrógeno total 36,65 %, demanda bioquímica de oxígeno 79,61% y demanda química de oxígeno 80,25%. Dando como resultado la validación del sistema de tratamiento de aguas residuales, respaldando los límites de descarga del Registro Oficial de la Normativa de Calidad Ambiental Recurso Agua del TULSMA, Libro VI Anexo 1, Tabla 9 “Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce”.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de la planta de tratamientos de aguas residuales ya que con esto se protegerá el ambiente además de una producción más limpia evitando problemas con instituciones reguladoras ambientales, además de mantener un buen funcionamiento de la misma.

Realizar un plan adecuado para el tratamiento a darle a los lodos generados por la planta de tratamiento de aguas residuales los cuales pueden tener ser reutilizados en proyectos como obtención de abono, en compostaje, biomasa, generando abonos orgánicos para el sector agricultor aledaño.

BIBLIOGRAFÍA

ALLENDE, A. *Manual de tratamiento de aguas residuales*. 2ª ed. La Habana : Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. 1994. pp.200-246

ARBOLERA, Jorge. *Teoria y Practica de Purificación de Agua*. Bogota-Colombia : Mc Graw-Hill, 2000, pp.03-09

ARTEAGA, Jhoselyn. Tratamiento de Aguas Residuales. [En línea] 2014. [Citado el: 24 de Mayo de 2016]. Disponible en: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/interesantes/tratamientosresiduales/tratamientosresidual>

BARRAGAN, G. *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales de las líneas del proceso en la Planta de Lácteos Paraíso del cantón Salcedo*. (Tesis). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2015. [Citado el: 04 de Mayo de 2018].

BORJA, M. *Diseño de una Planta de Tratamiento para Aguas Residuales de la Ciudad de Guaranda*.(Tesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2011. pp.12-45

BVSDE. Unidades Hidráulicas. [En línea] [Citado el: 23 de Julio de 2016.] www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/027757/027757-03b.pdf.

CABANILLA, Frank. *Medición de fluidos en canales abiertos con vertederos*. [En línea] 10 de Septiembre de 2015. [Citado el: 04 de Junio de 2016]. Disponible en: <http://documents.mx/documents/medicion-de-fluidos-en-canales-abiertos-con-vertederos-corregidodocx.html>

CRITES, R. *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. Bogotá-Colobias : McGraw Hil, 2000.pp.21, 33, 42-44, 46-48.

FONSECA, K. *Diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales para la central ecuatoriana de servicios agrícolas-Riobamba 2013*. (Tesis). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2014. [Citado el: 04 de Mayo de 2018].

HARO, Y. *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la fábrica lácteos San José del Cantón Pillaro* [En línea]. (Tesis). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de

Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química, Riobamba-Ecuador. 2014. [Citado el: 04 de Mayo de 2018].

LEMA, Alexis. *Diseño de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales para la parroquia San Luis de Pambil del cantón Guaranda* [En línea]. (Tesis).(Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, Riobamba-Ecuador. 2011. Pp.12-45. [Citado el: 04 de Junio de 2016]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4860/1/96T00335%20UDCTFC.pdf>.

METCALF Y EDDY., Tratamiento, evacuación y reutilización de aguas residuales.3ª ed., Madrid- España., MacGraw-Hill., 1995., Pp. 41; 60; 95.509-514.

METCALF & EDDY. *Ingeniería de Aguas residuales.* Madrid-España : San Cristobal, 2005.pp.02-14

OPS/CEPIS/05.158. *Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores.* [En línea] 2005. [Citado el: 06 de Junio de 2016.] Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatp/e/tecnoapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf>.

RAS-2000. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento: Tratamiento de Aguas. [En línea] 2000. [Citado el: 07 de Junio de 2016.] Disponible en: http://cra.gov.co/apcafiles/37383832666265633962316339623934/7._Tratamiento_de_aguas_residuales.pdf

ROJAS, R. 2002. *Sistemas de tratamiento de aguas residuales: Gestión integral de tratamiento de aguas residuales* . Lima-Perú : CEPIS/OPS-OMS, 2002.

Rojas, R. & Guevara, S. *Construcción, operación y mantenimiento del filtro de arena.* Hoja de Divulgación Técnica, Lima-Perú: OPS/CEPIS, UNATSABAR, 2000.p.76

ROMERO, Jairo. 2008. *Calidad del Agua: Teoría y Principios de Diseño.* Bogota-Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería , 2008.

VALDEZ & VAZQUEZ. 2003. *Ingeniería de los Sistemas de Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales.* Segunda. México D.F : Fundación ICA, 2003.

ANEXOS

Anexo A: Elaboración de quesos y leche descremada



Anexo B: Lavado de equipos en la empresa láctea “El Toril”



Anexo C: Métodos y técnicas utilizados para el análisis físico del agua

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	
Equipo	Conductímetro
Materiales	<ul style="list-style-type: none">• Vasos de precipitación• Agua destilada,• Muestra de agua y• Limpiadores
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• En un vaso de precipitación colocamos 100 ml de muestra de agua.• Lavar varias veces el electrodo con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar.• Determinamos el parámetro de medida (Cond) en el equipo y presionamos READ. Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable.• Lea la medida de conductividad directamente de la pantalla. Además, se medirá la temperatura.• Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Guarde el electrodo hasta volver a utilizar.
POTENCIAL HIDRÓGENO	
Equipo	Potenciómetro
Materiales	<ul style="list-style-type: none">• Dos vasos de vidrio.• Limpiadores.
Reactivos	<ul style="list-style-type: none">• Solución Buffer pH 4 (caducidad fijada por el fabricante)• Solución Buffer pH 7 (caducidad fijada por el fabricante)• Agua destilada.• Muestra de agua.
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none">• Después que el equipo haya sido calibrado, ponga 100 ml de muestra en un vaso de 250ml. Introduzca el electrodo en el vaso, agitar y presione READ.• Deje un tiempo estable hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de pH directamente de la pantalla.

	<ul style="list-style-type: none"> • Registre el valor. • Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Ponga el electrodo en el porta electrodo hasta volver a utilizar.
TURBIDEZ	
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Turbidímetro
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Cubetas de vidrio • Limpiadores • Aceite de silicona • Muestra de agua.
Procedimiento	<p>Después de una calibración o los chequeos de calibración son aceptables, las muestras pueden correrse mediante lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coloque una muestra de agua en la cubeta hasta el nivel de aforo. • Cuidadosamente elimine cualquier residuo en el exterior de las cubetas usando toallas de papel con trazas de aceite de silicona. Las muestras con distribuciones de partículas grandes o desiguales deben leerse promediando las lecturas mínimas y máximas. Es preferible tener una muestra más uniforme, pero este método se usará si no hay otra forma de preparar la muestra. • Colocar cuidadosamente en el instrumento de medida con la señal hacia adelante, cerrar y presionar READ, esperar que se estabilice el instrumento. • Registrar el valor. <p>No almacene las muestras en las celdas. Después de usar lave con un solvente adecuado y luego con agua destilada. Almacene las celdas invertidas.</p>
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	
Equipos	<ul style="list-style-type: none"> • Conductímetro • Electrodo
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Vasos de precipitación • Agua destilada • Muestra de agua

	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiadores
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar varias veces el electrodo (celda conductimétrica) con agua destilada, sumergir en el recipiente que contiene el agua examinar. • Seleccionamos el parámetro de medida en la pantalla (SS) y presionamos READ. Deje un tiempo hasta que la lectura sea estable. Lea la medida de sólidos sedimentables directamente de la pantalla. Además, se medirá la temperatura. • Registre el valor. Limpie el electrodo con agua destilada, seque. Guarde el electrodo hasta volver a utilizar.

Anexo D: Métodos y técnicas utilizados para el análisis químico del agua

FÓSFORO	
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro DR 2800
Materiales y reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 mL • Sobres de reactivo de fosfato PhosVer 3 en polvo • Tapón para cubeta • Limpiadores • Muestra de agua.
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 490 P react. PV. • Preparar la muestra; llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml con muestra y añadir el contenido de un sobre de reactivo PhosVer 3 en polvo. Tapar la cubeta inmediatamente y agitar vigorosamente durante 30 segundos para mezclar. • Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un periodo de reacción de 2 minutos. Si la muestra fue sometida a digestión mediante el procedimiento de digestión para ácido persulfato, dejar 10 minutos de tiempo de reacción. • Preparación del blanco: llenar una cubeta cuadrada de una pulgada, con 10 ml de muestra.

	<ul style="list-style-type: none"> • Después que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. • Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00mg/L • Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. • El resultado aparecerá en mg/L
NITRÓGENO	
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro DR 2800
Reactivos y Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 ml • <u>Set de reactivos de nitrógeno amoniacal</u> <ul style="list-style-type: none"> Estabilizante mineral Alcohol polivinilico Reactivo Nessler • Agua destilada • Muestra de agua • Pipeta, serológica de 1ml • Limpiadores • Enlarmeyer
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 380 N, amoniacal Ness. • Preparación de la muestra. - Colocar 25mL de muestra en un enlarmeyer. • Preparación del blanco. - Colocar 25 mL de agua destilada. • Adicionar tres gotas de estabilizante mineral en cada enlarmeyer, agitar varias veces para mezclar. • Adicionar tres gotas de agente dispersante alcohol polivinilico a cada uno, agitar varias veces para mezclar. • Pipetear 1 mL de reactivo Nessler en cada tubo, agitar varias veces para mezclar. • Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 1 minutos. Durante este tiempo efectuar los siguientes pasos.

	<ul style="list-style-type: none"> • Aforar las cubetas y la pipeta con cada solución preparada respectivamente antes de usarlas. Colocar 10 mL de muestra y de blanco en las cubetas. • Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. • Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0.00 mg/L N-NH_3. • Dentro de los 1 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha. • Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L, proceder a registrar en valor.
CLORUROS	
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 mL • Solución férrica y Solución de tiocianato de mercurio • Agua destilada • Pipeta • Muestra de agua • Limpiadores.
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar en la pantalla: Programas almacenados y seleccionar el test 70 Cloruro. • Preparar la muestra: Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10 ml hasta la marca de 10 mL con muestra, añadir 0.8 mL de solución de tiocianato mercúrico, agitar con rotación la cubeta para mezclar, posteriormente añadir 0.4 mL de solución férrica, agitar con rotación la cubeta para mezclar. • Para preparar el blanco, llenar otra cubeta cuadrada, con 10 mL de agua destilada, añadir 0.8 mL de solución de tiocianato mercúrico, agitar con rotación la cubeta para mezclar, posteriormente añadir 0.4 mL de solución férrica, agitar con rotación la cubeta para mezclar. • Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK, inmediatamente comienza un tiempo de reacción de 2 minutos.

	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. • Seleccionar en la pantalla: Cero, la pantalla indicará: 0 mg/L Cl^-. • Dentro de los 2 minutos después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta con la marca de llenado hacia la derecha. • Seleccionar en la pantalla: Medición. El resultado aparecerá en mg/L Cl^-.
--	--

DQO	
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Colorímetro o espectrofotómetro
Materiales y reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Placa calefactora para tubos de ensayo regulada a 150 °C • 8 tubos de ensayo de vidrio con tapón de rosca. • 1 gradilla para tubos de ensayo. • Espectrofotómetro UV-visible. • 3 matraces aforados de 100 mL. • 6 matraces aforado de 25 mL. • 1 frasco topacio. • 1 varilla de vidrio. • 2 vasos de precipitados de 50 mL. • Pipetas graduadas de 0.5 mL, 2 mL y 10 mL. • Cubetas de análisis, cuadrada, de una pulgada, 10 mL. • Disolución patrón de Ftalato ácido de potasio, 850 mg/L. • Dicromato potásico
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Antes de comenzar a preparar las disoluciones de los distintos reactivos, asegurarse que la placa calefactora está encendida y ajustar la temperatura a 150 °C. • Añadir en cada uno de los 8 tubos de ensayo una punta de espátula (unos 0.03 g, pesados en la balanza de precisión) de sulfato mercurico (HgSO_4). Los iones mercurio (Hg^{2+}) actuarán como complejante del ion cloruro (Cl^-) evitando que éste interfiera en la

	<p>medida colorimétrica, ya que el Cl^- aislado en disolución absorbe luz en las longitudes de onda utilizadas para detectar el Cromo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Numerar claramente los 8 tubos de ensayo con rotulador de vidrio. <p>2) Añadir en los tubos de ensayo los siguientes volúmenes de patrón de ftalato ácido de potasio (850 mg/L).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Añadir a cada uno de los Tubos, 0.8 mL de disolución de dicromato potásico y enrasar cada tubo de ensayo hasta 2.5 mL con agua destilada. • Añadir 2.5 mL de ácido sulfúrico concentrado en cada tubo de ensayo
--	---

DQO ₅	
Equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Colorímetro o espectrofotómetro
Materiales y reactivos	<ul style="list-style-type: none"> • Solución de glucosa, ácido glutámico • Solución de fosfato reguladora de pH. • Solución de sulfato de magnesio. • Solución de cloruro de hierro. • Botellas de incubación. • Pipetas bacteriológicas de 5 mL, 2 mL y 10 mL. • Buretas. • Probetas de 1000 mL.
Procedimiento	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación de agua de dilución, a un volumen de agua en un frasco adecuado añadir un milímetro de las soluciones de fosfato regulador de pH de $MgSO_4$, $CaCl_2$ y de $FeCl_3$ por litro de agua. • Se lleva la solución obtenida a una temperatura de 20°C y se mantiene en ese valor, se deja airear por una hora, tomando precauciones para que no se contamine (almacenamiento en frascos tapados con algodón durante este periodo), en particular por acción de materia orgánica, sustancias oxidantes o reductoras, o metales, para asegurar que la concentración de oxígeno disuelto de al menos 8 mg/L.

	<ul style="list-style-type: none">• Se recomienda emplear un recipiente de aire comprimido, o bien un compresor en el cual el aire no se ponga en contacto con ningún fluido lubricante (compresores provistos de bomba de diafragma).• Se filtrará y se lavará el aire antes de su uso.• Esta solución se empleará dentro de las 24 horas de preparada y se desechará cualquier resto luego de finalizar el periodo de trabajo.
--	--

Anexo E: Caracterización inicial del agua tratada de la industria láctea “El Toril”



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 038 – 18

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Paúl Melo Villalva
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH
DIRECCIÓN: Ambato

INFORME Nº: 038 – 18
Nº SE: 038 – 18

TELÉFONO: 0998007017

FECHA DE RECEPCIÓN: 05 – 03 – 18
FECHA DE INFORME: 12 – 03 – 18

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua residual industria láctea, Cantón Mocha
IDENTIFICACIÓN: MA – 058-18 Muestra 1

TIPO DE MUESTRA:
Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 058-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	4,27	+/- 0,08	05 – 03 – 18
Conductividad	µS/cm	PE-LSA-02	1251	+/- 8 %	05 – 03 – 18
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	86	N/A	05 – 03 – 18
* Sólidos Sedimentables	ml/l	STANDARD METHODS 2540 - F	6,0	N/A	05 – 03 – 18
* Sólidos Suspendedos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D	340	N/A	05 – 03 – 18
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	374		05 – 03 – 18
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E	1,91	N/A	05 – 03 – 18
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	430	+/-10%	05 – 03 – 18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	244	N/A	05 – 03 – 18
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B	82,40	N/A	05 – 03 – 18
* Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E	323,30	N/A	05 – 03 – 18

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph D.

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



N° SE: 039 – 18

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Paúl Melo Villalva
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH
DIRECCIÓN: Ambato

INFORME N°: 039 – 18
N° SE: 039 – 18

TELÉFONO: 0998007017

FECHA DE RECEPCIÓN: 06 – 03 – 18
FECHA DE INFORME: 13 – 03 – 18

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua residual industria láctea, Cantón Mocha
IDENTIFICACIÓN: MA – 059-18 Muestra 2

TIPO DE MUESTRA:
Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 059-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	4,40	+/- 0,08	06 – 03 – 18
Conductividad	µS/cm	PE-LSA-02	1199	+/- 8 %	06 – 03 – 18
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	82	N/A	06 – 03 – 18
* Sólidos Sedimentables	ml/l	STANDARD METHODS 2540 - F	1,2	N/A	06 – 03 – 18
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D	250	N/A	06 – 03 – 18
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	320,53		06 – 03 – 18
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E	1,87	N/A	06 – 03 – 18
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	495	+/-10%	06 – 03 – 18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	268,90	N/A	06 – 03 – 18
* Nitrogeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B	74,21	N/A	06 – 03 – 18
* Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E	371,52	N/A	06 – 03 – 18

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.
TÉCNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 040 – 18

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Paúl Melo Villalva
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH
DIRECCIÓN: Ambato

INFORME Nº: 040 – 18
Nº SE: 040 – 18

TELÉFONO: 0998007017

FECHA DE RECEPCIÓN: 07 – 03 – 18
FECHA DE INFORME: 14 – 03 – 18

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua residual industria láctea, Cantón Mocha
IDENTIFICACIÓN: MA – 060-18 Muestra 3

TIPO DE MUESTRA:
Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA – 060-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	5,10	+/- 0,08	07 – 03 – 18
Conductividad	µS/cm	PE-LSA-02	1216	+/- 8 %	07 – 03 – 18
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	59	N/A	07 – 03 – 18
* Sólidos Sedimentables	ml/l	STANDARD METHODS 2540 - F	0,4	N/A	07 – 03 – 18
* Sólidos Suspendedos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D	176	N/A	07 – 03 – 18
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	148,60		07 – 03 – 18
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E	1,20	N/A	07 – 03 – 18
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	417	+/-10%	07 – 03 – 18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	286,50	N/A	07 – 03 – 18
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B	53,80	N/A	07 – 03 – 18
* Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E	18,43	N/A	07 – 03 – 18

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

Anexo F: Caracterización final del agua tratada de la industria láctea “El Toril”



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 058 - 18

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Paúl Melo Villalva **INFORME Nº:** 058-18
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **Nº SE:** 058-18
DIRECCIÓN: Ambato
FECHA DE RECEPCIÓN: 18-04-18
TÉLEFONO: 0998007017 **FECHA DE INFORME:** 25-04-18

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 **Agua residual industria láctea, Cantón Mocha** **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 107-18 **Muestra Tratada 1** **Agua**

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 107-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH		PE-LSA-01	6.37	+/- 0.05	18-04-18
Conductividad	uS/cm	PE-LSA-02	781	+/- 5 %	18-04-18
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	4.02	N/A	18-04-18
* Sólidos sedimentables	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - F	2.20	N/A	18-04-18
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D	110	N/A	18-04-18
* Aceites y grasas	mg/l	EPA 418.1	20.60		18-04-18
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E	1.58	N/A	18-04-18
* DCO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	189	+/- 10%	18-04-18
* DB5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	66	N/A	18-04-18
* Nitrógeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B	41.40	N/A	18-04-18
* Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E	210.20	N/A	18-04-18

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

- Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
- Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 058 - 18

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Paúl Melo Villalva **INFORME Nº:** 058-18
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **Nº SE:** 058-18
DIRECCIÓN: Ambato
FECHA DE RECEPCIÓN: 18-04-18
TELÉFONO: 0998007017 **FECHA DE INFORME:** 25-04-18

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 Agua residual industria láctea, Cantón Mocha **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 107-18 Muestra Tratada 2 Agua

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 107-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(K=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH		PE-LSA-01	6,44	+/- 0,08	18-04-18
Conductividad	uS/cm	PE-LSA-02	792	+/- 0 %	18-04-18
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	3,76	N/A	18-04-18
* Sólidos sedimentables	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - F	0,8	N/A	18-04-18
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D	102	N/A	18-04-18
* Aceites Y grasas	mg/l	EPA 415.1	27,6	N/A	18-04-18
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E	1,69	N/A	18-04-18
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	173	+/- 10%	18-04-18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	81	N/A	18-04-18
* Nitrogeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B	43,70	N/A	18-04-18
* Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E	224,80	N/A	18-04-18

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



Nº SE: 058 - 18

INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Paúl Melo Villalva **INFORME Nº:** 058-18
EMPRESA: Proyecto de Tesis ESPOCH **Nº SE:** 058-18
DIRECCIÓN: Ambato
FECHA DE RECEPCIÓN: 18-04-18
TELÉFONO: 0998007017 **FECHA DE INFORME:** 25-04-18

NÚMERO DE MUESTRAS: 1 **Agua residual industria láctea, Cantón Mocha** **TIPO DE MUESTRA:**
IDENTIFICACIÓN: MA - 107-18 **Muestra Tratada 3** **Agua**

El laboratorio se responsabiliza solo del análisis, no de la obtención de las muestras.

RESULTADO DE ANÁLISIS

MA - 107-18

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO	U(X=2)	FECHA DE ANÁLISIS
pH	-	PE-LSA-01	6.50	+/-0.05	18-04-18
Conductividad	uS/cm	PE-LSA-02	731	+/- 5 %	18-04-18
* Turbiedad	FTU - NTU	STANDARD METHODS 2130 B	3.09	N/A	18-04-18
* Sólidos sedimentables	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - F	0.20	N/A	18-04-18
* Sólidos Suspendidos	mg/l	STANDARD METHODS 2540 - D	97	N/A	18-04-18
* Aceites Y grasas	mg/l	EPA 418.1	24.10		18-04-18
* Fósforo Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - P - E	1.51	N/A	18-04-18
* DQO	mg/l	STANDARD METHODS 5220 - D	156	+/-10%	18-04-18
* DBO5	mg O2/l	STANDARD METHODS 5210 - B	73	N/A	18-04-18
* Nitrogeno Total	mg/l	STANDARD METHODS 4500 - N - B	38.20	N/A	18-04-18
* Cloruros	mg/l	STANDARD METHODS 3500 - Cl E	206.40	N/A	18-04-18

MÉTODOS UTILIZADOS: Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWWA, WPCF, STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN y métodos HACH adaptados del STANDARD METHODS 21ª EDICIÓN.

RESPONSABLES DEL ANALISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., Ph.D.

Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA

EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 19/ 02 / 2020

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
HOLGUER PAÚL MELO VILLALVA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
FACULTAD: CIENCIAS
CARRERA: INGENIERÍA QUÍMICA
TÍTULO A OPTAR: INGENIERO QUÍMICO
g. Analista de bibliotecas responsable: